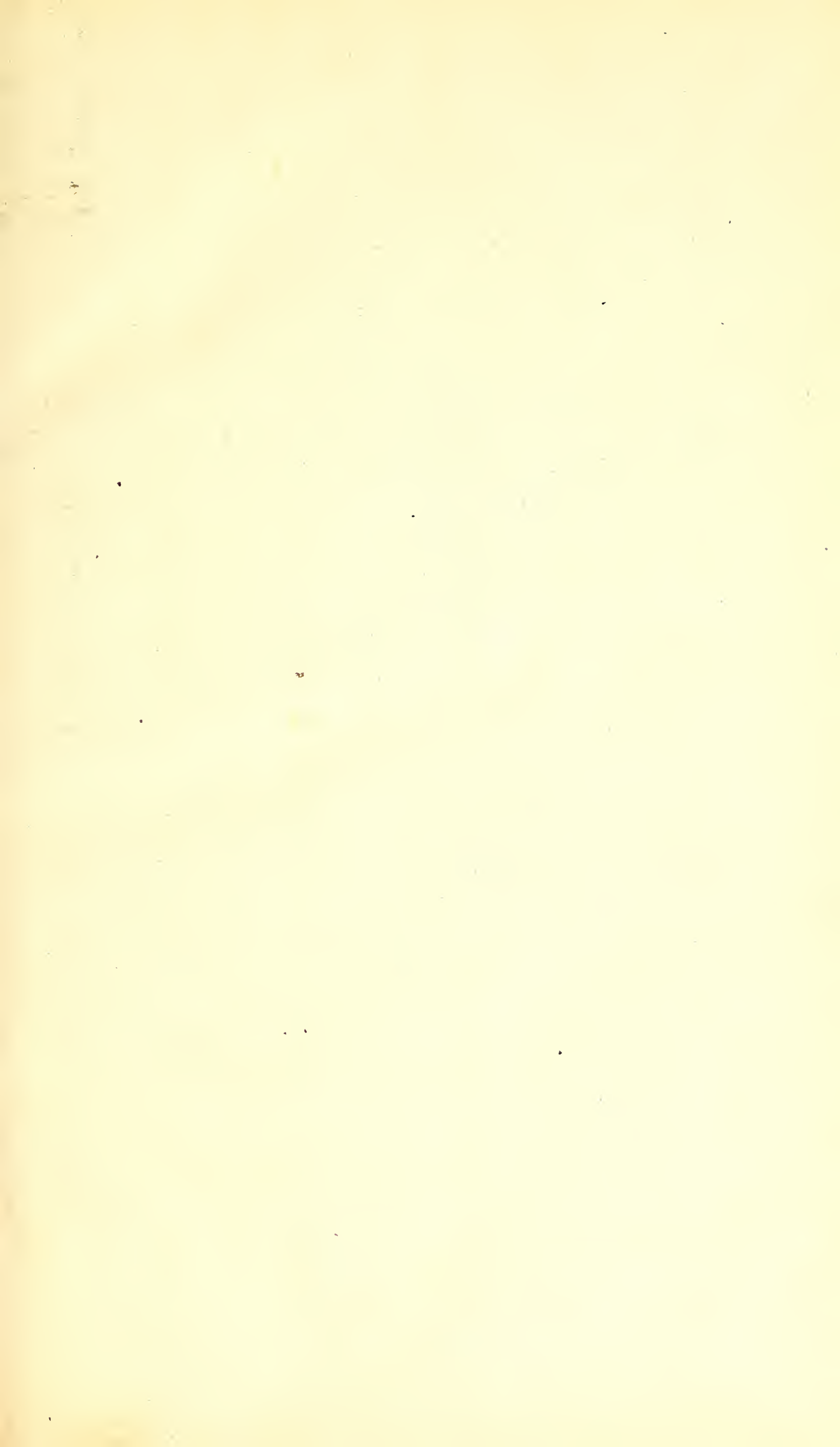








Neuer Schauplatz

der

Künste und Handwerke.

Mit

Berücksichtigung der neuesten Erfindungen.

Herausgegeben

von

einer Gesellschaft von Künstlern, technischen Schriftstellern und Fachgenossen.

Mit vielen Abbildungen.



Zweihundertdreiundachtzigster Band.

Dr. E. Tscheuschner, Glasfabrikation.

Fünfte Auflage.

Weimar, 1885.

Bernhard Friedrich Voigt.

Handbuch

der

Glasfabrikation

nach allen

ihren Haupt- und Nebenzweigen.

Fünfte Auflage

von Leng-Graegers Handbuch der Glasfabrikation

in gänzlicher Neubearbeitung herausgegeben

von

Dr. E. Tscheuschner,

Ingenieur und Besitzer der Dürrenbacher Hütte bei Weimar.

Mit einem Atlas

von 34 Foliotafeln, enthaltend 421 Abbildungen.

Weimar, 1885.

Bernhard Friedrich Voigt.

Vorwort.

Mit Rückſicht auf die hohe Bedeutung der Glasinduſtrie und auf den ungeheuern Aufſchwung, welchen dieſelbe in unſerer Zeit erfahren, mag es immerhin als eine auffallende Erſcheinung empfunden werden, daſs verhältnismäſsig nur gering die Anzahl der litterariſchen Hilfsmittel iſt, welche beſtimmt ſind, dem Praktiker die Fortſchritte näher zu führen, die Wiſſenſchaft und Technik in allen ihren das Gebiet der Glasfabrikation bald mehr, bald weniger durchſchlingenden Zweigen in ununterbrochener Kette zu verzeichnen haben. Sieht man ſich nun gar vor die Thatſache geſtellt, daſs von den wenigen hierher zu zählenden Werken ein ſo vorzügliches, wie das Benrathsche nach zehnjähriger Exiſtenz noch in ſeiner erſten Auflage vorliegt, während das Schürſche gänzlich veraltet erſcheinen dürfte, ſo fragt man mit Recht nach den Gründen einer ſo geringen Teilnahme ſeitens der Fachgenoſſen und mag ſich wenig ermutigt fühlen, in die Reihe derer einzutreten, welche einer ſcheinbar ſo undankbaren Aufgabe ihre Zeit, ihr beſtes Wiſſen und Können gewidmet.

Aehnlich ging es auch mir, als die Verlagshandlung mit der Aufforderung an mich herantrat, eine neue Auflage des Lengſchen Werkes über Glasfabrikation vorzubereiten und nur der Gedanke, daſs ein Buch, deſſen fünfte Auflage ſoeben nötig geworden, nicht zu den überflüſſigen gezählt werden dürfe, ſowie die Hoffnung, daſs der mehr und mehr auf wiſſenſchaftlicher Grundlage ſich vollziehende Fortbau der Glasinduſtrie dem in zeitgemäſs umgeſchaffener, die Erfahrungen und Fortſchritte der jüngſten Vergangenheit und der Gegenwart gebührend berückſichtigenderer Form dargebotenen Buche neben den alten Freunden eine groſse Zahl neuer erwerben möchte, konnte mich beſtimmen, der Ausführung des mit Rückſicht auf die zu bewältigende Arbeit zwar mühe- aber eben deshalb auch ehrenvollen Auftrags mich zu unterziehen.

Glaubte ich nun den Grund für das erwähnte geringe Intereſſe zum guten Teile darin zu erkennen, daſs weitaus der meiſten Glashütten oberſte Leitung in kaufmänniſchen Händen ruht, während die

Führung des Betriebs selbst Meistern obliegt, die für Neuerungen oder gar theoretische Betrachtungen bekanntlich wenig zugänglich sind, musste ich mir aber anderseits gestehen, dass die Zukunft des Buches hauptsächlich davon abhängig werde, wie weit es demselben gelingen möchte, gerade dieser Kreise Teilnahme zu erwecken, so schien eine rein wissenschaftliche Behandlung des Stoffs von vornherein ausgeschlossen, während gleichzeitig die Rücksicht auf die täglich zunehmende Anzahl technisch-wissenschaftlich gebildeter Fachgenossen eine allzu elementare Breite zu vermeiden gebot.

Der Schwierigkeit, zwischen den beiden hier gezeichneten Extremen bei der Neubearbeitung die richtige Mittelstrasse einzuhalten, bin ich mir Schritt für Schritt bewusst gewesen; inwieweit es mir überall gelungen, zu beurteilen, gebe ich vertrauensvoll dem nachsichtigen Leser anheim.

Dass ich in dem Bestreben, der ganz besonders in der Glasfabrikation immer noch zu grosser Wichtigkeit sich aufbauschenden Rezeptmacherei an meinem Teile nach Kräften entgegenzuwirken, mich eingehender mit der chemischen Zusammensetzung des Glases selbst, wie seiner Rohmaterialien beschäftigte und der Berechnung der Glassätze auf wissenschaftlicher Grundlage ein grösseres Terrain einräumen musste, als dies in der früheren Auflage geschehen, mögen mir diejenigen verzeihen, welche in dem Anlehnen an althergebrachte Vorschriften, höchstens in einem empirischen Ausbau derselben, einzig und allein ihr Heil zu finden gewohnt sind, während andere, durchdrungen von der Notwendigkeit, dass der intelligente Fabrikant mehr und mehr in die Lage kommen müsse, für jeden alten oder neu sich ihm bietenden Fall seine Glassätze zielbewusst sich selbst berechnen und komponieren zu können, die grosse Zahl, teils aus der früheren Auflage herübergenommener, teils neu hinzugekommener Gemengevorschriften mit Rücksicht auf jene entschuldigen wollen. Bieten doch selbst die älteren dieser Vorschriften einen immerhin nicht uninteressanten Beitrag zur Geschichte der Glasfabrikation.

Auf nicht minder breiter wissenschaftlicher Grundlage glaubte ich die von den feuerfesten Materialien und den Brennstoffen handelnden Abschnitte aufbauen zu müssen, ersteren, weil auf der richtigen Beurteilung und Behandlung des für den Hafen- und Ofenbau dienenden Rohmaterials insbesondere bei den gegen früher so gesteigerten Ofentemperaturen die Rentabilität, ja die Existenz eines Unternehmens abhängen kann, letzteren, weil grade auf dem Gebiete der Pyrotechnik die gewaltigen Fortschritte zu verzeichnen sind, denen der Fabrikant, mag er wollen oder nicht, wird folgen müssen, will er nicht eines Tages von der intelligenteren Konkurrenz zu seinem Schrecken, und dann vielleicht zu spät, sich überflügelt sehen. Hierzu kommt, dass gerade bezüglich der so hochwichtigen Feuerungsanlagen die Wissenschaft sich nicht begnügt hat, gelehrte Theorien zu entwickeln, sie hat vielmehr eins der bis vor kurzer Zeit unzugänglichsten Gebiete, das der Gasanalysen, auf dem nur sehr gewandte Chemiker mit Hilfe kompliziertester Apparate und schwierigster Operationen sich zu orientieren vermochten, in so vollkommener Weise dem Laien zugänglich gemacht, dass nicht nur der gebildete Fabrikant, sondern jeder

intelligente Schmelzer an der Hand solcher mit Leichtigkeit ausgeführter Untersuchungen den Gang seiner Oefen kontrollieren und für die wichtige Frage der Brennmaterialersparnis die erforderlichen Unterlagen gewinnen kann.

Um aber bei allen diesen theoretischen Betrachtungen den Vergleich mit den früheren Auflagen zu erleichtern, habe ich die atomistischen Formeln und die alten Aequivalente beibehalten und nur als nicht zu umgehende Korrektur das Aequivalent des Siliciums = 14 und somit die Formel der Kieselsäure = $Si O_2$, ihr Aequivalent = 30 gesetzt.

Haben schon die bisher beleuchteten Abschnitte die umfassendste Umarbeitung und Vermehrung erfahren, so mufste dies mit anderen, namentlich dem den Ofenbau behandelnden, in noch erhöhtem Mafse der Fall sein, da ja in der vierten Auflage die Gasfeuerungsanlagen kaum in ihren ersten Anfängen hatten geschildert werden können. Vor allem andern aber wird dies von denjenigen Abschnitten behauptet werden dürfen, welche die Verarbeitung des Glases selbst bringen. Insbesondere mufste die Fabrikation der bunten Gläser gänzlich umgearbeitet werden, während über Prefs- und Hartglas ganz neue Kapitel hinzugekommen sind. Zudem machte stellenweise eine andere Gruppierung des Stoffs unumgänglich sich nötig, wie denn auch, entsprechend den erwähnten Vermehrungen und Erweiterungen, zahlreiche Kürzungen nicht umgangen werden konnten. Wird man doch bei eingehender Vergleichung der vorliegenden Bearbeitung mit der früheren Auflage den auch in seinen Resten vollständig umgearbeiteten Inhalt der letzteren von 31 Bogen auf etwa 18 geschwunden und durch neu hinzugekommenes Material auf 43 Bogen wieder vermehrt finden. Bei einer so gewaltsamen Umarbeitung des vorhandenen Stoffs mufste der Gedanke an eine gänzliche Neubearbeitung des Buchs nahe liegen, indessen erschien der Wunsch der Verlagshandlung, dasselbe soviel überhaupt möglich, in seiner ursprünglichen, beim Publikum einmal gut eingeführten Form zu belassen hier mafsgebend, und es mufste daher von einem ganz neuen Buche Abstand genommen werden.

Dafs mir hierdurch die Arbeit nicht erleichtert wurde, wird schon bei einer nur oberflächlichen Vergleichung der jetzigen Auflage mit der früheren einleuchten, und wenn trotz sorgsamster Redaktion der gebliebenen Bogen ein gänzliches Verschmelzen derselben mit den neu hinzugekommenen nicht immer ganz hat erreicht werden können, so wird mir eine nachsichtige Beurteilung mit Rücksicht auf nicht zu überwindende Schwierigkeiten die Anerkennung aufgewendeten Fleifses, wie ich hoffe, nicht versagen.

Diese umfassende Umarbeitung der früheren Auflage überhebt mich einer eingehenden Aufzählung der Vorzüge der hier vorliegenden. Schritt für Schritt wird man die bessernde, mehrende, oft genug aber auch die kürzende, ja mit unerbittlichem Stift streichende Hand erkennen. Eine freundliche Aufnahme meiner Arbeit seitens der Fachgenossen, ermunternde Anerkennung des gebotenen Bessern, kollegialische Nachsicht, wenn eines einzigen Erfahrung, unterstützt durch schätzenswerte Quellen und Mitteilungen anderer, nicht überall

ausreichte, ein ſo weites Gebiet gänzlich zu umfaſſen, wird mich reichlich entſchädigen für die mühevolle und nicht immer erquickliche Arbeit.

Eingehender endlich, als dies in den früheren Auflagen der Fall geweſen, iſt auch die Geſchichte der Glasinduſtrie in deren Geſamtheit ſowohl wie in ihren einzelnen Zweigen behandelt worden, wenn auch der in beſchränktem Maſse hierfür zur Verfügung ſtehende Raum thunlichſte Kürze gebieterisch erheischte.

Leider ſind in der vierten Auflage faſt alle Quellenangaben unterblieben, was an dieſer Stelle hervorzuheben ich um ſo mehr mich genötigt ſehe, als ich mich rückſichtlich des aus jener herübergenommenen Stoffs vor dem etwaigen Vorwurfe eines begangenen Plagiats verwahren zu müſſen glaube. Inwieweit ich ſelbſt andern gefolgt bin, findet man in der vorliegenden Auflage in zahlreichen Fuſsnoten angegeben.

Eine nicht minder groſse Vermehrung, als der Text, haben die demſelben in einem beſondern Atlas beigegebenen Figurentafeln erfahren. Obſchon zahlreiche Abbildungen der vierten Auflage als unweſentlich entfernt werden konnten, hat ſich dennoch die Anzahl der Tafeln von 15 auf 34 erhöht.

Wie ſo manches andere Gewerbe, krankt auch die heutige Glasinduſtrie an den Folgen einer das Bedürfnis vielfach überſteigenden Produktion; dieſe Thatſache aber ſollte auf den einzelnen nicht entmutigend wirken, ſondern als eine ernſte Mahnung, durch fleiſsiges Mehren ſeines Könnens und Wiſſens der ſtets drückender werdenden Konkurrenz gewachſen zu bleiben, womöglich ſie überflügeln zu können oder durch Aufgabe wenig lohnender Artikel und Akquirierung reichern Gewinn bringender ihr die Spitze zu bieten. Wird auch ſtets reiche geſchäftliche Erfahrung des Fabrikleiters und groſse manuelle Geſchicklichkeit der Arbeiter, alſo das Können, oben anſtehen, ſo wird dasſelbe doch nur durch genügendes Wiſſen, durch eingehende Kenntnis der wiſſenſchaftlichen Grundlagen zum erfolgreichen, gewinnbringenden Wirken befähigt werden. Wenn das vorliegende Buch nur in beſcheidenem Maſse zur Verbreitung ſolchen Wiſſens beizutragen vermöchte, würde ich den Zweck desſelben freudigen Herzens mehr als erfüllt erachten.

Weimar, im Frühjahr 1885.

E. Tscheuschner.

Inhaltsverzeichnis.

Siebentes Kapitel.

Die bei der Fabrikation des Glases vorkommenden Arbeiten.

Achtes Kapitel.

Die Glassätze.

Neuntes Kapitel.

Die Hohlglasfabrikation.

Achtzehntes Kapitel.
Die Fabrikation des Hartglases.

Neunzehntes Kapitel.
Schmelzglas oder Email.

Zwanzigstes Kapitel.
Strass, künstliche Edelsteine oder Amausen, Glaspasten, Gemmen, Kameen.

Einundzwanzigstes Kapitel.
Die Glasmosaik.

Zweiundzwanzigstes Kapitel.
Wasserglas.

Einleitung.

Unter „Glas" verstehen wir ein Produkt, welches in der Glühhitze durch Zusammenschmelzen von Kieselsäure, in einigen wenigen Fällen auch von Borsäure mit verschiedenen salzfähigen Basen wie Kali, Natron, Baryt, Strontian, Kalk, Bittererde und Thonerde, sowie mit Blei-, Zinn-, Eisen- und Manganoxyd hervorgebracht wird. Dieses Produkt erstarrt, nachdem es vollkommen geschmolzen war, nach dem Erkalten in den meisten Fällen zu einer vollkommen durchsichtigen Masse, dem eigentlichen Glase, und selten erscheint es undurchsichtig oder nur durchscheinend, Email oder Schmelzgläser bildend. Je nach seinen Bestandteilen ist es bald farblos, bald verschiedenartig gefärbt, bald mehr, bald weniger hart und spröde und vereinigt hiermit bis zu einem gewissen Grade die Eigenschaft, nicht nur den zerstörenden Einflüssen von Luft und Wasser, sondern auch der stärkern chemischen Agenzien, namentlich von Säuren und Alkalien zu widerstehen. Besonders sind es seine Durchsichtigkeit und chemische Beständigkeit, welche dem Glase eine so hohe kulturgeschichtliche Bedeutung verleihen, indem es gerade hierdurch, verbunden mit seinem niedrigen Preise, der mannigfaltigsten Anwendung sowohl im täglichen Leben, als auch für wissenschaftliche Zwecke fähig wird. Bei der geringen Abnutzung im Gebrauch würden die daraus gefertigten Gegenstände eine beinahe unverwüstliche Dauerhaftigkeit besitzen, wenn das Glas nicht so spröde, und, hauptsächlch infolge hiervon, so zerbrechlich wäre. Je nach den Zwecken, für welche das Glas bestimmt ist, ist auch seine Zusammensetzung etwas verschieden; das Glas unserer Fensterscheiben, unserer Spiegel ist die farblose oder nur wenig gefärbte Verbindung von Kieselsäure mit Kali oder Natron und Kalk, das Glas unserer Weinflaschen ist weniger durchsichtig, weil es ausser den Bestandteilen des vorigen eine dunkelfarbige Verbindung von Kieselsäure mit Eisenoxydul enthält; in gewissen Sorten von rotem Glase vertritt das Kupferoxydul das Eisenoxydul des Flaschenglases; es entsteht alsdann ein so intensiv rot gefärbtes Glas, dass dasselbe in starken Lagen vollkommen undurchsichtig und nur an den Kanten durchscheinend ist; das Email der Ziffer-

blätter ist ein durch einen grossen Gehalt an phosphorsaurem Kalk oder Zinnoxyd vollständig opak gewordenes Glas.

Ueber die Etymologie des Wortes Glas sind viele verschiedene Ansichten aufgestellt. Einige leiten es von dem lateinischen Worte *glacies,* Eis, ab, und aus der Aehnlichkeit, die diese beiden Substanzen miteinander zeigen, liesse sich diese Uebertragung der Bezeichnung recht wohl erklären. Andere nehmen an, der Name sei von dem Worte *glastum,* womit im Lateinischen die Waidpflanze bezeichnet wird, entlehnt, weil die Asche dieser Pflanze vielfach zur Darstellung von Glas benutzt wurde, oder weil manche Glassorten eine dem blauen Farbstoffe der Weidpflanze ähnliche Färbung haben; noch andere sehen das Wort *glassum,* wie die Gallier und Briten den Bernstein nannten, als den Ursprung des Wortes Glas an. Wahrscheinlicher ist aber die Bezeichnung Glas von dem altsächsischen *glisnian,* gleissen, abzuleiten, welches eine Kontraktion von dem angelsächsischen *gelexan,* glänzen, scheinen, ist. Diese Etymologie scheint um so mehr für sich zu haben, als alte Schriftsteller auch andere glänzende, scheinende Gegenstände mit dem Worte Glas bezeichnen.

Die Erfindung der Kunst Glas zu machen verliert sich in die ältesten Zeiten der Geschichte, denn man verstand es schon früh, das Glas zu blasen, Vasen daraus zu formen, grosse Massen daraus zu schmelzen, diese in Säulen und Kapitäler umzubilden, es zu walzen und zu schleifen. Fast allgemein nimmt man Aegypten, wo im grauen Altertume schon so viele Künste und Wissenschaften gepflegt wurden, für das Geburtsland auch dieser Kunst. Flavius Josephus hingegen vindiziert seinen Landsleuten den Israeliten die Erfindung dieses Industriezweiges und zwar sollen dieselben bei Gelegenheit eines Waldbrandes glasige, durch Zusammenschmelzen der Asche und des Sandes entstandene Massen gefunden und diese ihnen durch den Zufall gelieferten Substanzen später künstlich nachzubilden versucht haben. Jedenfalls spricht diese Nachricht des Josephus dafür, dass die Juden, welche auch während des ganzen Mittelalters vielfach als geschickte Glasmacher genannt werden, diese Kunst schon in sehr früher Zeit geübt haben mögen, aber wenn auch im alten Testamente sehr häufig des Glases Erwähnung gethan und z. B. schon Hiob 28, 17 das von Luther mit Diamant übersetzte Sechuchith von neueren Bibelerklärern als Glas gedeutet wird, so unterliegt es wohl keinem Zweifel, dass die Israeliten durch ihren Aufenthalt in Aegypten und die Nähe von Phönikien mit diesem Material bekannt geworden sind.

Nach einer bekannten Erzählung des Plinius endlich würden wir den Phönikiern die Glasmacherkunst zu verdanken haben. Kaufleute dieser Nation, die an den sandigen Ufern des Belus gelandet, sollen sich einiger Sodastücke, mit denen ihre Schiffe befrachtet waren, bedient haben, um ihre Kessel, in denen sie ihre Speisen bereiteten, fest zu stellen, und diese Soda sei dann durch die Hitze des Feuers mit dem Sande des Bodens zu Glas zusammengeschmolzen. Abgesehen von der Unwahrscheinlichkeit, dass hierbei die Hitze den zur Erzeugung des Glases erforderlichen Grad erreicht haben sollte, deuten mehrfache Funde in den altägyptischen Denkmälern auf eine weit frühere Blüte der ägyptischen Glasmacherkunst. Immerhin mögen die Phönikier, die

mit Aegypten in einem lebhaften Handelsverkehr standen, und wahrscheinlich auch den Handel mit Glaswaren, die damals in höchster Vollkommenheit in Theben angefertigt wurden, vermittelten, die Glasmacherkunst von den Aegyptern erlernt haben, aber als die Erfinder derselben wird man sie kaum ansehen dürfen.

Der Zufall hat ohne Zweifel Anteil an der Entdeckung; allein unter den Industriezweigen, welche den Alten bekannt waren, treten Phänomene auf, deren genaueres Studium einen denkenden und überlegenden Geist auch selbständig auf die richtige Bahn lenken konnte. Die Anfertigung des Steinzeugs, die Scheidung der Metalle aus ihren Erzen, Prozesse die den Alten geläufig waren, erfordern sehr hohe Temperaturen, die Umstände und die Produkte, die dabei auftreten, sind zum Teil denen der Glasöfen sehr ähnlich, und es entstehen hierbei Silikate, die rücksichtlich ihrer Zusammensetzung und Beschaffenheit dem eigentlichen Glase sehr ähnlich sind. Es liegt also sehr nahe, anzunehmen, dass ein geschickter Töpfer versucht habe, den glasartigen Tropfen, der scheinbar durch Zufall auf seinen Gegenständen im Ofen sich gebildet hatte, künstlich und nach Belieben nachzumachen, dass er den Einfluss der Holzasche auf den Thon wahrgenommen habe und so durch den Versuch dahin gelangt sei, ein Glas hervorzubringen.

Wie dem aber auch sei, so weist doch alles darauf hin, dass die Glasmacherkunst zuerst in Aegypten gepflegt worden ist. So erbringt Wilkinson drei bestimmte Beweise dafür, dass die Aegypter die Glasmacherkunst schon vor dem Auszuge der Iraeliten gekannt haben. Zu Beni-Hassan und Theben finden sich Gemälde, auf denen arbeitende Glasbläser dargestellt sind, während begleitende Hieroglyphen andeuten, dass jene Bilder unter der Regierung eines Herrschers angefertigt sind, der vor länger als 3500 Jahren gelebt hat. Ausserdem ist es sicher, dass zu dieser Zeit Bilder von glasiertem Steinzeug sehr verbreitet waren, deren Glasur dieselbe Beschaffenheit wie unser Glas besitzt. Endlich wurde vom Kapitän Honey zu Theben eine Glasperle aus dem Halsschmuck der Königin Hatasu, der Gemahlin des Königs Tuthmosis III. von 2 cm Durchmesser aufgefunden, welche in Hieroglyphen den Namen des genannten Königs trägt, der um das Jahr 1500 vor Beginn unserer Zeitrechnung regierte. Eine durch ihre Inschrift auf denselben Herrscher hinweisende Vase, sowie mehrere in Theben aufgefundene Flaschen, welche aus demselben Grunde ein fast 4000 jähriges Alter beanspruchen, repräsentieren endlich die ältesten Zeugen einer immerhin schon auf höherer Stufe stehenden Glasmacherkunst.

Man wird mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit annehmen dürfen, dass die Priester des Vulkans zu Theben und Memphis, die berühmtetesten Chemiker der Alten Welt, auch die eigentlichen Erfinder dieser Kunst gewesen seien. Glashütten waren in Aegypten nicht selten; die Aegypter umgaben ihre Toten mit gläsernen Schränken, sie verzierten ihre Vasen und Töpfe mit Emaillen von allen Farben und noch jetzt sind aus damaliger Zeit vorzügliche Kunstwerke vorhanden, worauf sich namentlich blaue und grüne Farben und Zeichnungen von Blumen und andern Gegenständen in schwarzer Farbe befinden, und während wir einerseits noch heute zierliche, fadenglasähnliche Arbeiten bewundern können, müssen wir anderseits uns von Herodot, Theophrast,

Plinius und anderen von mächtigen Säulen und Statuen, aus Glas gebildet, berichten lassen.

Neben Tyrus und Sidon war Alexandrien lange wegen seines Glashandels berühmt und lieferte mit jenen Städten den grössten Teil des Bedarfs der Alten Welt. Indessen ist die Glasfabrikation auch andern Völkern des Altertums schon in frühester Zeit nicht unbekannt gewesen; hierfür sprechen, will man auch die Erzählung der atheniensischen Gesandten in den Acharnern des Aristophanes, in welcher jene rühmend hervorheben, am persischen Hofe aus goldenen und gläsernen Pokalen getrunken zu haben, als Beweis nicht gelten lassen, weitaus überzeugender die bei den Ausgrabungen in Niniveh gefundenen Glasbecher, welche teilweise auf das achte Jahrhundert v. Chr. zurückweisen.

Gleichwohl scheint die Glasmacherkunst für eine Reihe von Jahrhunderten auf Aegypten und Phönikien, namentlich auf die Städte Tyrus, Sidon und Alexandrien beschränkt geblieben zu sein und auch noch unter römischer Herrschaft behaupteten die Aegypter ihre alte Geschicklichkeit; ihre Erzeugnisse, die hauptsächlich in Vasen und Trinkgeschirren von hoher Vollendung bestanden, wurden als Gegenstände des höchsten Luxus betrachtet und unter Aurelian waren sie verpflichtet, einen Tribut in Glas zu entrichten; Adrian war im Besitz von Trinkgläsern von verschiedenen Farben, die er von dem Priester eines berühmten Tempels in Aegypten erhalten hatte, und er legte auf dieselben einen so hohen Wert, dass sie nur bei den wichtigsten Gelegenheiten und den grössten Festtagen in Gebrauch genommen werden durften. Die berühmte Barberini- oder Portlandvase, aus tiefazurblauem Glase mit Figuren aus einer weissen opaken Masse von erhabener Arbeit, in dem Grabe des Alexander Serverus aufgefunden, ist eines der schönsten der aus der damaligen Zeit noch vorhandenen Exemplare.

In Rom scheint das Glas erst nach den Eroberungen in Asien, zur Zeit des Cicero, eingeführt worden zu sein, obschon Etrurien sowohl, wie Unteritalien sich schon früher einer kunstreichen Industrie in diesem Material erfreut hatte. Die erste Glashütte in Rom entstand unter der Regierung des Kaisers Nero; sie wurde in der Nähe des Flamminianischen Zirkus errichtet, und wahrscheinlich hatte man die benötigten Arbeiter aus Aegypten kommen lassen. Von jetzt an dehnte sich der Verbrauch an Glas sehr aus und wurde bald so allgemein, dass einer der Kaiser des 3. Jahrhunderts n. Chr. die Aeusserung gethan haben soll, ein so gewöhnlicher Artikel wie Glas sei ihm zuwider, er wolle nur aus goldnen Bechern trinken. Zu jener Zeit wurde soviel Glas produziert, dass man eine Abgabe darauf legte; man verwendete es schon damals vielfach zur Verzierung und Ausschmückung der Wohnungen und die Glasmosaiken jener Zeit zeigen zum Teil die schönsten Farben. Wie in der eigentlichen Glasfabrikation selbst, welche in den in einzelnen Exemplaren noch heute erhaltenen, wegen ihrer ungemeinen Dünnwandigkeit „geflügelte" oder „Vögelchen" genannten Gläsern gipfelte, gelangten die Römer auch in der Glasraffinerie zu einem hohen Grade künstlerischer Vollkommenheit, von welcher namentlich die durch den Schliff hergestellten durchbrochenen Gläser, die sogenannten *„Diatreta"* beredtes Zeugnis ablegen. Wir werden später

noch Gelegenheit haben, auf diese Meisterwerke römischer Glasschleiferei zurückzukommen.

Unter den auf den britischen Inseln ausgegrabenen aus der Druidenzeit stammenden Gegenständen finden sich farbige Glasperlen und Amuletts; Altertumsforscher haben hieraus den Schluss ziehen zu dürfen geglaubt, dass die Glasmacherkunst schon vor der römischen Invasion in Grossbritannien bekannt gewesen sei. Es ist indes kaum anzunehmen, dass ein Volk, welches so geringe Spuren von Zivilisation zeigte, und dem keine von allen übrigen Künsten bekannt war, schon in die komplizierten Prozesse dieses Industriezweiges eingeweiht gewesen sei und darin vollkommenes geleistet habe; denn die Amuletts der Druiden zeigen von einer grossen Geschicklichkeit der Anfertiger, und sie sind häufig schön gefärbte Nachahmungen der kostbarsten Schmucksteine. Viel wahrscheinlicher ist es, dass die alten Briten diese durch ihren Verkehr mit den Syrern erhielten, die häufig die Inseln besuchten, wobei wir der interessanten Erscheinung begegnen, dass schon damals dieselben Zahlmittel angewendet wurden, für welche auch noch jetzt zivilisierte Nationen von den wilden Afrikas und der Südsee die Produkte derselben eintauschen. Auf welche Weise aber auch diese Glassachen nach Grossbritannien gekommen sein mögen, so ist doch sicher, dass sie dort vor der Ankunft der Römer verbreitet waren, da sie sich in Grabhügeln finden, welche lange vor der Eroberung durch die Römer errichtet wurden.

Ob den Chinesen, bei welchen so viele andere Gewerbe schon in den frühesten Zeiten einen hohen Grad von technischer Ausbildung erfahren hatten, auch die Glasmacherkunst schon vor den Aegyptern bekannt gewesen sei, wissen wir nicht. Wenn man aber behauptet, dass in China die Glasmacherkunst erst in der neuern Zeit bekannt geworden sei, so ist diese Meinung entschieden irrig; und man braucht nur die Memoiren und Berichte der Missionäre von Peking nachzulesen, um sich zu überzeugen, dass die Glasfabrikation bereits vor länger als 2000 Jahren in China einheimisch gewesen ist. Beachtenswert ist in dieser Beziehung, dass nach Wilkinson Gläser mit chinesischer Inschrift in thebanischen Gräbern aufgefunden wurden. Es scheint aber, dass man in China zu allen Zeiten das Glas lediglich als einen Luxusartikel betrachtet und behandelt habe. Ueber die Glasfabrikation in China mag hier sogleich noch bemerkt sein, dass sich zwar die Glasfabriken daselbst vermehrt haben, dass der Sitz derselben aber kaum anderswo als in Kanton ist. Die gewöhnliche Hohlglas- sowohl wie die Kristallglasfabrikation stammen aus Europa; die häufigeren Erzeugnisse der Kantoner Glashütten sind: Tafelglas, Trinkgeschirre, Flakons, Spiegelgläser, Kugeln u. s. w. Den dort gebräuchlichen Glassätzen liegen keine chemischen Prinzipien zu Grunde; man kennt nur zwei Arten der Verglasung der Kieselsäure, entweder mit Pottasche oder mit Bleiweiss, und das Mengenverhältnis der Materialien ist bei allen Glassorten, ohne Rücksicht auf die verschiedenen Zwecke, dasselbe.

Während, wie wir gesehen, die Völker des Altertums sehr wohl verstanden, das Glas mit ausgezeichneter Kunstfertigkeit zu behandeln, findet dasselbe zu einem der hauptsächlichsten Zwecke, denen es heute

dient, zum Verschlusse der Fensteröffnungen wenig oder gar keine Verwendung.

Die Zeit der Einführung des Fensterglases ist nicht genau zu ermitteln; die Fenster im alten Rom waren klein und gingen nicht auf die Strasse, sondern auf den Hof. Bei dem sonnenhellen Himmel und dem hochtemperierten Klima kam es nicht sowohl darauf an, durch grosse Oeffnungen in den Umfassungswänden dem Licht freien Eingang in das Innere der Gebäude zu bieten, als vielmehr dem Eindringen der Sonnenglut möglichst zu wehren. Die Oeffnungen selbst waren in der Regel offen, seltener durch Scheiben aus dünngeschliffenem Marmor, Glimmer und Marienglas geschlossen. Die in römischen Gräbern und Trümmerhaufen gefundenen, auch in Pompeji ausgegrabenen Scheibenfragmente deutete man früher lediglich als Reste mosaikartiger Wand- oder Fussbodenbekleidungen; indessen scheint es doch unzweifelhaft, dass auch die Römer schon des Glases zum Verschlusse der Fenster sich bedienten. In Pompeji soll sogar ein mattgeschliffenes Fenster*) entdeckt worden sein und auch Anfänge wirklicher Glasmalerei will man gefunden haben. Indessen ist Lactantius der erste, welcher am Ende des dritten Jahrhunderts mit Bestimmtheit des Fensterglases Erwähnung thut; dasselbe geschieht im 5. Jahrhundert durch den heiligen Hieronymus und 100 Jahre später beschreibt Paulus Silentiarius die mit Glasscheiben versehenen Fenster der Hagia Sophia in Konstantinopel. Aber noch auf Jahrhunderte hinaus bleibt selbst für die Basilika das Glasfenster ein kaum zu erschwingender Luxus; es bestand dasselbe sehr häufig nur in Stein- oder Holztafeln, welche die Maueröffnungen abschlossen und deren mehrfache Durchbohrungen mit kleinen Glasstücken versehen wurden. Später tritt an die Stelle dieser Tafeln hölzernes Gitterwerk, welches im weiteren Fortschritte durch die Verbleiung verdrängt wurde.

Auf einer wie hohen Stufe der Vollkommenheit die Glasmacherkunst der Alten aber auch gestanden: die gewaltigen Stürme, welche infolge der die finsteren Zeiten des Mittelalters einleitenden grossen Völkerbewegungen, den gesamten Occident erschütternd, alle Kultur hinwegjagten, liessen sie nach dem Untergange des weströmischen Reichs wieder zum rohen Handwerk herabsinken, dessen Erzeugnisse nur die gewöhnlichsten Bedürfnisse des alltäglichen Lebens zu befriedigen vermochten.

In Griechenland, welches in älterer Zeit eine verhältnismässig nur wenig entwickelte Glasindustrie besass, hob sich die letztere in bemerkenswerter Weise nach der Lostrennung vom römischen Westen, und der Untergang des letzteren liess jenes allmählich zu einer neuen Pflanzstätte der Kunst emporblühen, welche letztere sich hier unter orientalischem Einflusse in besonderer Eigenartigkeit entwickelte und erst mit dem erbleichenden Glanze des byzantinischen Reichs wieder dahinschwand.

Byzanz Nachfolgerin sollte Venedig werden, welches schon frühzeitig durch seine Glasfabrikation sich auszeichnete, die ihrerseits ursprünglich wohl auf römischen Traditionen beruhend, durch den regen

---

*) Lobmeyr, Glasindustrie S. 26.

Verkehr der Inselstadt mit dem Orient befruchtet worden war. So sollen, wie wir später noch sehen werden, Venezianer es gewesen sein, welche schon im Jahre 674 die ersten Glasfenster nach England brachten. Im Laufe der Zeit erlangte die Glasfabrikation eine solche Ausdehnung, dass der Feuersgefahr und des lästigen Rauchs wegen man sich bereits im Jahre 1291 veranlasst sah, die Glashütten nach der nahen Insel Murano zu verlegen, wo sie lange Jahre als die einzigen von Bedeutung da standen, und sich auf dem Höhepunkte der Vollkommenheit erhielten. Die Venezianer kannten eine Menge von Glasarbeiten und waren Meister in der technischen Behandlung dieses Produkts, dessen oft komplizierte und ungemein zierliche Formen sie lediglich mit freier Hand vor der Pfeife modellierten. Auch in der Färbung der Gläser leisteten sie Unübertreffliches und manche ihrer Erzeugnisse, so das Aventuringlas und die retikulierten Gläser, deren Herstellungsweise später verloren ging, mussten erst in neuester Zeit mit grosser Mühe wieder aufgefunden werden. Die Kunst der Glasbläser wurde in Venedig so hoch geschätzt, dass der Senat alle diejenigen, die sich dieser Kunst widmeten, zu Bürgern der Republik machte, dem Adel erlaubte, deren Töchter zu heiraten und den Abkommen derselben die Rechte der Väter einräumte, während die Ehe mit der Tochter eines andern Geschäftsmannes den Verlust des Adels nach sich zog.

Andererseits suchte man einem Verschleppen der Fabrikationsgeheimnisse durch drakonische Gesetze vorzubeugen. Eines ins Ausland gegangenen Glasarbeiters Familie wurde gefänglich eingezogen, liess er die Mahnung zur Rückkehr unbeachtet; dem Ungehorsamen selbst aber wurde ein Mörder nachgesendet.

Bis in das erste Viertel des 18. Jahrhunderts hinein blühte die venezianische Glasmacherkunst; dann sank sie, aller Anstrengungen ungeachtet, unaufhaltsam dahin um erst in neuester Zeit einen begeisterten und opferfreudigen Wiederbeleber in Dr. Salviati zu finden, den es, nach seinen eigenen Worten, hochbeglückt, den Verlassenen auf Murano die alte Kunst und neues Brot zurückgegeben zu haben.

Ueber den Zeitpunkt der Entstehung der Glasfabrikation in Deutschland fehlen uns alle geschichtlichen Nachweise; es ist aber wahrscheinlich, dass sie bereits in sehr früher Zeit betrieben worden ist, denn es liegen Beweise darüber vor, dass die Kirche des bayrischen Klosters Tegernsee bereits im 10. Jahrhundert mit gemalten Fenstern versehen worden ist. Die eigentliche Glasmalerei, wenn man von den gefärbten Gläsern des Altertums absieht, ist höchst wahrscheinlich eine deutsche Erfindung, und deutsche Künstler verbreiteten sie nach allen Ländern. Es wurde daher auch dies Kind heimischer Kunst so wert gehalten, dass man sich der Schmelzmalerei nicht nur zur Dekoration der Glasfenster bediente, sondern sie auch ganz allgemein zur Verzierung von Produkten der Hohlglasindustrie anwendete.

In Deutschland hat sich von jeher die Glasfabrikation von der englischen und französischen dadurch unterschieden, dass man nicht in einzelnen mehr oder weniger grossartigen Etablissements, vielmehr in der Tiefe der Wälder, wo Brennmaterial und Asche zu billigsten Preisen zu haben waren, kleinere aber zahlreichere Hütten anlegte, und so

meist nur für die nächste Umgebung arbeitete. Wenngleich unsere Glashütten im Verlauf der Zeit sich immer mehr und mehr ausgebreitet haben und zum Teil selbst grosse Exportgeschäfte machen, so hat doch bislang meistens die Zentralisation gefehlt, die Hütten liegen vielfach noch da, wo sie begründet waren, aber die Holzvorräte sind durch ihre Schornsteine gewandert, oder der Axt des Forstmanns verfallen, so dass ihnen jetzt das Brennmaterial fehlt oder doch sehr teuer ist. Diese Isoliertheit ist wahrscheinlich auch die Ursache, dass uns so wenig Kenntnisse über ihre Entstehung und Entwickelung erhalten worden sind. Wenn man von irgend einem Teile des alten deutschen Reiches sagen könnte, dass vorzugsweise hier die Glasfabrikation heimisch geworden sei, so würde dies Böhmen sein; und in der That sind die böhmischen Glashütten für die neuere Zeit dasselbe, was die venezianischen im Mittelalter waren; dennoch kann man auch den Thüringer Wald als eine Gegend Deutschlands nennen, wo sich schon seit langer Zeit zahlreiche Glashütten befinden. Bei der nicht grossen Entfernung des Thüringer Waldes von dem böhmischen Walde, wo die böhmische Glasfabrikation recht eigentlich zuhause ist, gewinnt die Tradition an Wahrscheinlichkeit, dass die ersten Thüringer Glasbläser Böhmen gewesen seien. Erst in neuerer Zeit hat man auch in Deutschland angefangen, grössere Glasfabriken in der Nähe von Kohlenlagern zu etablieren, so dass bei der gleichzeitigen Güte vieler ihrer Erzeugnisse, der deutschen Glasindustrie die Konkurrenzfähigkeit auf dem Weltmarkte gesichert ist.

Was speziell die Glasindustrie Böhmens anlangt, so gehört dieselbe unzweifelhaft zu den ältesten Gewerbebetrieben des Landes. Gleichwohl ist es bisher nicht gelungen, über das fünfzehnte Jahrhundert zurückgehende urkundliche Daten ihrer Geschichte aufzufinden.

Im allgemeinen lässt sich die jetzige nordböhmische Glasindustrie nach zwei ausgedehnten Gebieten unterscheiden, deren Zentra Haida-Steinschönau und Gablonz-Morchenstern bildeten, von denen ersteres beinahe ausschliesslich Hohlglasraffinerie, das zweite hauptsächlich Glasquincaillerie kultiviert; doch bilden einzelne hervorragende Etablissements der beiden Gebiete erwähnenswerte Ausnahmen.

Am frühesten scheint die Glasbereitung in den Orten eingeführt worden zu sein, die zu dem ersterwähnten Gebiete, dem von Haida-Steinschönau, gehören, und die erste Glashütte in Böhmen soll diejenige gewesen sein, welche unter Peter Berka von Duba südwestlich unter dem Tannenberge, in der Nähe des heutigen Städtchens St. Georgenthal angelegt wurde. Im Jahr 1442 wird einer Glashütte im Dorfe Deubitz erwähnt; im darauf folgenden Jahre errichtete Paul Schierer eine solche Hütte in Falkenau bei Steinschönau, 1504 entstand eine vierte in Kreibitz, welche heute noch besteht. Ueber Steinschönau selbst schweigen die Quellen bis zum Ausgange des 17. Jahrhunderts, zu welcher Zeit dasselbe jedoch bereits den faktischen Stapelplatz des ganzen, damals nach den schweren vernichtenden Schlägen des dreissigjährigen Krieges wieder erstehenden Glashandels dieser Gegend bildet. Aus einer den dortigen Glasarbeitern von dem Fürsten Wenzel Norbert Oktavian Kinsky am 26. Juni 1694 erteilten Innungsordnung geht wenigstens hervor, dass zu jener Zeit das Glasmachergewerbe in Steinschönau und Umgegend die Erzeugung von Tafelglas, Hohlglas und

Glaskurzwaren, also jede Gattung Rohglas und auch dessen Raffinerie umfasste. Eine ansehnliche Erweiterung erfuhr die Glasindustrie der Gegend, als Graf Johann Joseph Maximilian Kinsky (1722 — 1780) auf seiner Herrschaft Bürgstein neben anderen technischen Etablissements die Spiegel- und Rahmenfabrik in Bürgstein und eine Glasperlenmanufaktur in Schwoika errichtete. Infolge der gedeihlichen Entwickelung dieser Werke entstanden mehrere neue Ortschaften, darunter auch das bereits 1736 zur Stadt erhobene Haida, dessen thätige Kaufleute bereits in den vierziger Jahren des vorigen Jahrhunderts dem böhmischen Glase den Weg nach Spanien, Portugal und Amerika bahnten, wo dasselbe „gegen Silber *al pari* im Gewicht abgesetzt wurde". Gleichzeitig wusste Steinschönau und Umgegend sich den Orient als Absatzgebiet zu erschliessen und führte seine Erzeugnisse mit Hilfe von Zweigniederlassungen und Agenturen in Konstantinopel, Smyrna, Alexandrien, Kairo etc. nach der Türkei, Aegypten, Persien und sogar nach Indien aus. In ähnlicher Weise wie in Venedig wurde auch in Böhmen zum Schutze der heimischen Industrie im Jahre 1752 „das Auswandern der inländischen Glasmacher in die auswärtigen Lande auf das Schärfste" verboten, den Arbeitern selbst die Zwangsjacke äusserster Zunftrigorosität angelegt (1767) und endlich (2. Jan. 1788) die Einfuhr fremden Glases untersagt.

Auch in den Thälern des böhmischen Riesengebirges bestanden bereits im 16. Jahrhundert mehrere Glashütten. Die erste soll im Orte Grünwald von Georg Wander, einem geborenen Schweden, im Jahre 1536 zu solcher Blüte gefördert worden sein, dass letzterer in den Adelstand erhoben wurde. Je fühlbarer späterhin im flachen Lande die Holzarmut wurde, um so zahlreicher entstanden die Glashütten im Gebirge, so zu Reichenberg und Harrachsdorf (1680) die Neuhütte bei Przichowitz (1690) St. Antonienwald (1701) u. a. m.

Eine schwere Zeit brach über die böhmische Glasindustrie, deren Produktionswert schon 1799 zu 2 500 000 fl. angegeben wird, herein, als ums Jahr 1810 von England und später von Frankreich aus das gepresste Kristallglas in den Handel kam und massenweis bei verhältnismässig billigem Preise den Markt überschwemmte, von welchem schon die napoleonischen Kriege das böhmische Glas teilweise verdrängt hatten. Vermochten auch einzelne hervorragende Industrielle durch fortgesetzte Verbesserungen und eine Reihe neuer Erfindungen das böhmische Glas auf dem Weltmarkte zeitweilig zu rehabilitieren, so geriet die Glasindustrie Böhmens doch um so sicherer mehr und mehr in Verfall, als ihr auch durch die Prosibitivmassregeln fast aller Länder der Absatz ihrer Produkte fast unmöglich gemacht wurde.

In neuerer Zeit ist es indessen gelungen einen bedeutenden Teil des verlorenen Terrains wieder zu gewinnen und Glashütten sowohl wie Raffinerien wetteifern in dem Bestreben, des früheren Ruhmes abermals teilhaftig zu werden.

In Frankreich, dessen Glasindustrie bis zum Beginn der christlichen Zeitrechnung hinauf sich verfolgen lässt, erkannte man frühzeitig die Wichtigkeit dieses Gewerbes und um dasselbe um so eher heimisch zu machen, erteilte man schon zu Anfang des 14. Jahrhunderts den Glasarbeitern weitgehende Privilegien; auch wurde ähnlich wie in Ve-

nedig bestimmt, dass für den Edelmann, welcher sich mit der Glasfabrikation beschäftigte, keine Verletzung des Adels hieraus abgeleitet werden solle.

Ueber die Zeit der Einführung der Glasfabrikation in England fehlen historische Nachrichten; doch geht aus einem Kontrakte, dessen Horace Walpole erwähnt, hervor, dass Fensterglas schon in der Mitte des 15. Jahrhunderts in England angefertigt worden ist. Dieses Dokument ist von 1493 datiert und enthält eine Uebereinkunft zwischen der Gräfin Warwick und einem Glaser John Prudde von Westminster, den sie neben andern Künstlern bei der Errichtung eines prachtvollen Grabmals ihres Gatten beschäftigte. Der Glaser wird darin verpflichtet, kein in England verfertigtes, sondern nur zur See eingeführtes Glas zu verwenden.

In Schottland wurde unter der Regierung Jakobs VI. die erste Glashütte errichtet und im Jahre 1618 erhielt Lord George Hay das ausschliessliche Privilegium im ganzen Lande auf 31 Jahre zugesichert; jedoch trat er dasselbe schon 1627 für eine bedeutende Summe dem Kleiderhändler Thomas Robinson in London ab, von welchem es der englische Vizeadmiral Robert Munsell für 250 Pfd. Sterl. ankaufte.

Noch später erfolgte die Einführung der Glasmacherkunst in Schweden, wo erst 1641 die erste Glashütte angelegt wurde.

In Nordamerika fand die Glasfabrikation erst nach seiner Unabhängigkeitserklärung vom englischen Mutterlande Aufnahme und wurde die erste Glashütte dort im Jahre 1790 durch Robert Hewes, einen Bürger von Boston, im Walde von New-Hampshire angelegt. Seine Versuche zur Darstellung von Fensterglas schlugen fehl, und kein besseres Geschick hatte die im Jahre 1800 in Boston angelegte Fabrik, bis ein Deutscher, Namens Lint, 1803 die Leitung derselben übernahm, und der Staat Massachusetts für jede Glastafel eine Vergütung zahlte. Die Qualität des Glases verbesserte sich von da ab sehr rasch, und das zu Boston fabrizierte Glas erlangte Berühmtheit durch ganz Amerika.

Nur wenig verschieden von der Ausbreitung der Glasfabrikation im allgemeinen war die der einzelnen Zweige derselben.

In England sind, nach Beda, die Glasfenster zuerst im Jahre 674 durch den Abt Benedikt eingeführt worden, der fremde Künstler, wahrscheinlich Venezianer, die in der Kunst, Fensterglas zu machen geschickt waren, nach England kommen liess, um die Fenster der Kirche und des Klosters Wearmouth in der Grafschaft Durham mit Glas zu verzieren. Andere Autoritäten schreiben dem Bischof Wilfried dem Jüngern, der im Jahre 711 starb, die Einführung des Fensterglases in Grossbritannien zu, wahrscheinlich hat man daher vor Ende des 7. oder Anfang des 8. Jahrhunderts in England Glasfenster nicht gesehen. Der Gebrauch des Fensterglases war damals und auch noch für eine Reihe späterer Jahre, auf Kirchen, Klöster und Kapellen beschränkt. Im 8. Jahrhundert hatten in Italien die meisten Kirchen Fenster aus gefärbtem Glase, doch verflossen noch mehrere Jahrhunderte, ehe das Glas die früheren gebräuchlichen Metallgitter in den Kirchen und die Scheiben von Horn oder Marienglas in den Privat-

wohnungen verdrängte. Im 14. Jahrhundert nahm der Fensterglasverbrauch soweit zu, dass das Geschäft einen besondern Zweig des Handels ausmachte, obgleich damals noch, ausser bei kirchlichen Gebäuden das Glasfenster als ein grosser Luxus betrachtet wurde. Man ersieht dies aus einem Kontrakte, welchen die Vorstände der Kathedrale von York im Jahre 1338 mit einem Glaser abschlossen, worin dieser es unternahm die Fenster der Westseite dieses Gebäudes mit Glas zu versehen; er erhielt für den Quadratfuss weissen Glases 6 Pence; für die gleiche Fläche gefärbten Glases einen Schilling. Noch in der Mitte des 15. Jahrhunderts rühmt es Aeneas Silvius als höchste Pracht, dass die meisten Häuser Wiens mit Glasfenstern versehen seien. In England werden erst im 17. Jahrhundert die Glasfenster allgemeiner; doch hatten nach 1661 die grössten Gebäude in Schottland, und selbst das königliche Schloss in Edingburg nur in den oberen Etagen Fenster mit Glasscheiben, während die der untern Etage durch Läden verschlossen wurden. In Privathäusern fand man am Ende des 12. Jahrhunderts nur selten Glasfenster; die Rahmen wurden damals mit geöltem Papier beklebt, oder die Oeffnungen durch Gitterwerk und Läden verschlossen. In den Wohnungen der Aermeren fanden sich diese Surrogate des Glases noch am Ende des 18. Jahrhunderts.

Die Fabrikation der Glasspiegel, wenigstens der mit Metallfolie belegten, gehört einer weit spätern Periode an. Es ist allerdings nicht unwahrscheinlich, dass schon die Sidoniten die Anfertigung gekannt haben; doch war die Kunst bis zum 13. Jahrhundert in Vergessenheit geraten. Vor dieser Zeit bediente man sich bei der Toilette geschliffener und polierter Metallplatten, die zunächst durch schwarze Glastafeln teilweise verdrängt wurden; doch blieben Metallspiegel noch lange in Gebrauch und erst im 13. Jahrhundert gewannen die mit Metallfolie belegten Glasplatten die Oberhand und verbreiteten sich über ganz Europa. Der Ursprung der Erfindung dieser Spiegel ist jedenfalls auf Frankreich oder Deutschland zurückzuführen und die früher allgemein als Erfinder und vorzügliche Verfertiger jener Gläser genannten Venezianer haben neueren Ermittelungen zufolge sich lange vergeblich bemüht, das Geheimnis der Fabrikation aus Deutschland zu beziehen. So berichtet Ilg*), dass die erste Kunde von Versuchen der Venezianer zur Erzeugung von Glasspiegeln auf das Jahr 1317 zurückdatieren, in welchem von 3 Einheimischen ein deutscher Meister in Spiegelglas engagiert worden sei, sie seine Kunst zu lehren. Der Deutsche aber entfloh und die Kompagnons hatten das Nachsehen. Die meisten, selbst bis ins sechzehnte Jahrhundert hinein, von Venedig aus in den Handel gebrachten Spiegel scheinen importierte Ware gewesen zu sein und erst im Jahre 1564 erhält Vincenzo Redor, der „erste Erfinder und Begründer der Kristallspiegel in dieser edelsten Stadt" vom Senate ein Privilegium zuerteilt.

Die jetzt in Frankreich so bedeutende Spiegelglasfabrikation verdankt ihre Entstehung dem für Handel und Industrie so unermüdlich thätigen Colbert, einem Minister Ludwigs XIV. Er bewog einige

---

*) Lobmeyr, S. 72.

Franzosen, die längere Zeit auf Murano bei Venedig gearbeitet und die Fabrikation feiner Glassorten erlernt hatten, in ihr Vaterland zurückzukehren, um daselbst eine Spiegelfabrik anzulegen. Dies geschah im Jahr 1665. Die Arbeiter wählten hierzu Tour-la-Ville in der Nähe von Cherbourg, weil sie sowohl in den örtlichen Verhältnissen, wie auch in der Beschaffenheit des Bodens und der herrschenden Windrichtung die meiste Aehnlichkeit mit den gleichen Verhältnissen in Murano wahrgenommen zu haben glaubten. Indem sie auch alle zu Murano bestehenden Einrichtungen und das daselbst beobachtete Verfahren mit der ängstlichsten Genauigkeit nachahmten, wurde das Unternehmen mit dem günstigsten Erfolge gekrönt. Aber alle bisher in Frankreich, Deutschland, Venedig gefertigten Spiegel waren lediglich geschliffene und mit Metallfolien belegte geblasene Fensterscheiben und es war daher als ein eminenter Fortschritt anzusehen, als es dem an der Fabrik von Tour-la-Ville beteiligten Lucas de Nehou gelang die geschmolzene Glasmasse, gleich den flüssig gemachten Metallen, zu giessen. Er verband sich 1688 mit Abraham Thevart, der die finanziellen Mittel zu einem Unternehmen, der Etablierung einer Gussfabrik im Foubourg St. Antoine in Paris herbeischaffte, und infolgedessen später mit Unrecht als der Erfinder der Spiegelgiesserei genannt wird. Schon im ersten Jahre des Bestehens dieser Fabrik wurden Spiegel von 2,10 m Höhe und 1,20 m Breite angefertigt, die damals die allgemeinste Bewunderung erregten, während früher die grössten geblasenen Spiegel nur 1,10 m hoch und breit waren. Wegen der hohen Arbeitslöhne und des teuern Brennmaterials wurde später dieses Etablissement nach St. Gobain bei la Fère im Departement de l'Aisne verlegt, wo es noch gegenwärtig im Betriebe ist und ausgezeichnet schöne und grosse Spiegel liefert. Anfangs hatte man beim Giessen mit den grössten Schwierigkeiten zu kämpfen, die erst vollständig überwunden wurden, nachdem Pierre Deslandes im Jahre 1856 wesentliche Verbesserungen eingeführt hatte.

Wenige Jahre später, als in Frankreich, wurde auch in England die Spiegelfabrikation eingeführt, indem 1670 der Herzog v. Buckingham die ersten Spiegelbläser aus Venedig kommen und zu Lambeth eine Fabrik errichten liess, wo bereits im Jahre 1673 unter der speziellen Aufsicht des Herzogs die ersten Spiegel geblasen wurden. Die erste bedeutende englische Spiegelgiesserei entstand im Jahre 1773. Um diese Zeit trat, auf Grund eines königlichen Freiheitsbriefes, eine Gesellschaft angesehener Männer zu einer eigenen Genossenschaft zusammen und errichtete durch Zeichnung von 80 Stück Aktien à 500 Pfd. Sterl. zu Ravenhead bei Prescot in der Grafschaft Lancashire, eine grosse Spiegelfabrik, die noch jetzt schwunghaft betrieben wird und mit der von Gobain rivalisiert. Unter den Gründern dieses Etablissements soll sich auch ein alter britischer Admiral und Mäcen der Glasmacherkunst befunden haben, dessen Blut durch den abschläglichen Bescheid in Gobain, wo er als wissbegieriger Besuch erschien, dermassen in Wallung geriet, dass er zur Stelle schwur eine gleiche Anstalt auch in England ins Leben zu rufen; ein Schwur, den er wie eine auf der Glashütte sich erhaltene Tradition berichtet, auch männlich gehalten hat.

Dieser ersten englischen Gussspiegelfabrik ist sodann im Laufe der Jahre noch eine ganze Reihe anderer gefolgt.

Die erste in Deutschland entstandene Gussspiegelfabrik war die zu Neuhaus, welche 1701 von einem Herrn von Rechtskron, dem damaligen Besitzer der Herrschaft Fahrafeld, zunächst in der Absicht besserer Ausnutzung seiner Waldbestände, gegründet wurde. Der Genannte liess aus der Fabrik von St. Gobain französische Arbeiter kommen und die Hütte ganz nach dem Muster der letzteren anlegen. Nach seinem Tode fiel die Herrschaft samt der Fabrik dem Staate anheim, der die letztere erst dem Grafen Mikosch, dann dem Baron Saffran verlieh und sie diesem 1728 wieder abkaufte, seit welcher Zeit sie bis zu ihrer im Jahre 1840 erfolgten Auflösung stets im Besitze des Staats verblieb. Die Auflösung erfolgte, weil die Fabrik, obschon man sie wegen des in Neuhaus sich allzu fühlbar machenden Holzmangels 1831 nach Schlölgelmühl in Niederösterreich verlegt hatte, fortwährend bedeutende Zuschüsse von seiten des Staates erforderte.

Einige kleinere, wenig erfolgreiche und daher bald wieder aufgegebene Versuche abgerechnet, sehen wir die Gussspiegelfabrikation in Deutschland erst wieder im Jahre 1852 aufleben, in welchem eine Spiegelgiesserei und zwar zum grössten Teil von französischen Kapitalisten, zu Stollberg bei Aachen begründet wurde. Gleichzeitig errichtete die Gesellschaft von St. Gobain eine Giesserei zu Waldhof bei Mannheim und diese Fabrik erwarb später auch das Eigentumsrecht der Stollberger Giesserei.

Das Krystallglas mit Bleioxyd soll in England erfunden worden sein. Als man anfing, sich in den Glashütten der Steinkohlen als Brennmaterial zu bedienen, zeigte sich bald, dass der mit feinen Kohlenteilchen geschwängerte Rauch der in offenen Häfen schmelzenden Glasmasse eine dunkle Farbe erteilt, die der Darstellung von reinem Glase die grössten Schwierigkeiten in den Weg legte. Um diesem zu begegnen, schmolz man die Masse in verschlossenen Häfen oder Schmelztiegeln. Hierbei zeigte sich aber ein anderer Uebelstand darin, dass die Glasmasse, indem die Hitze nicht so kräftig auf das Innere des Hafens einwirken konnte, für die fernere Bearbeitung nicht dünnflüssig genug wurde. Bei den mannigfaltigen Versuchen, diesen Fehler zu verbessern, wendete man auch Mennige, eine Verbindung von 2 Aequ. Bleioxyd mit 1 Aequ. Bleihyperoxyd an und erhielt auf diese Weise ein Produkt, welches das gewöhnliche Glas in mancher Hinsicht übertraf. Obgleich man zugeben muss, dass es in der neuern Zeit zuerst den Engländern gelungen ist ganz ungefärbtes Kristallglas darzustellen und in grössern Massen zu produzieren, so hatte man doch schon früher in der Glasfabrikation Anwendung von dem Bleioxyd gemacht. Dies geht aus der im Jahre 1787 von Fougerou de Bonderoy mit dem Glase des sogenannten Virgilschen Spiegels angestellten Analyse hervor. Dieser Spiegel, der seit undenklicher Zeit in dem Kirchenschatz zu St. Denis aufbewahrt wurde, wog 15 kg, war auf beiden Seiten poliert, durchsichtig, etwas gelblichgrün gefärbt und enthielt beinahe die Hälfte seines Gewichts Bleioxyd, wenn er auch im übrigen die Eigenschaften des Kristallglases zeigte. Wenn man auch nicht daran denken wird, diesen Spiegel als das einstmalige Eigentum des berühmten rö-

mischen Dichters Virgil, der unter der Regierung des Kaisers Augustus lebte, anzusehen, so geht aus dieser Thatsache soviel hervor, dass man auch lange vor der Entdeckung der Engländer mittels Bleioxyd Kristallglas darzustellen verstanden habe.

Nach Heraclius ist das *plumbum vitrum*, d. h. Bleiglas schon im Mittelalter in Italien in Gebrauch gewesen und das beigefügte „*scilicet Iudeum*" scheint, wie dies auch von andern geschieht, die Erfindung desselben den Juden zuzuschreiben, die, wie bereits früher angeführt wurde, während des ganzen Mittelalters als geschickte Glasarbeiter genannt werden. Auch in des Florentiners Meri „*ars vitraria*", von 1612 geschieht des Bleiglases mehrfach Erwähnung, während das erste englische Patent Mansells vom Jahre 1635 datiert und die Fabrikation des Bleikristalls selbst in England wohl erst in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts in Schwung kommt. Frankreich folgte in der Fabrikation des Bleikristalls im Jahre 1784 und brachte es, nach Ueberwindung zahlreicher Schwierigkeiten in derselben zu grosser Vollkommenheit. Die übrigen Länder des Kontinents, Belgien vielleicht ausgenommen, sind wohl nie über vereinzelte Versuche hinausgekommen.

Die Kunst der Glasmalerei und des Glasfärbens scheint ebenso alt zu sein, als die Erfindung des Glases selbst, schon deshalb, weil es viel leichter ist, ein farbiges, als ein farbloses Glas darzustellen. Die Möglichkeit, beliebig gefärbtes Glas erhalten, muss sehr frühe die Spekulation beschäftigt haben, obgleich viel Geschick und Kenntnis dazu erforderlich ist, etwas vollkommenes darin zu leisten. Nichtsdestoweniger scheint diese Kenntnis sehr frühzeitig erlangt worden zu sein, und es ist sicher, dass man schon vor 3000 Jahren in Aegypten bemalte und gefärbte Gläser kannte. Der schönen künstlichen Edelsteine, welche zum Schmücken der Mumien der damaligen Zeit verwendet wurden, haben wir schon Erwähnung gethan; die Gefässe, welche Adrian in Alexandrien von einem Priester erhielt, strahlten in allen möglichen Farben; sie waren früher im Dienst des Tempels verwendet und wurden später nur bei den feierlichsten Gelegenheiten gebraucht. Im Altertume scheint die Malerei durch farbige Fäden, die nebeneinander gelegt und dann durch Schmelzung vereinigt wurden, ausgeführt worden zu sein.

Eigentliche Glasmalerei aber entwickelte sich erst, nachdem mit der Einführung der Glasfenster die Hauptbedingung gegeben war, jene Kunst im durchfallenden Lichte ihren ganzen Zauber entfalten zu lassen. Freilich zeigen auch die ältesten farbigen Glasfenster keine Glasmalerei im vollen Sinne des Worts, da sie uns mosaikartige Kombinationen in der Masse gefärbter Gläser repräsentieren; vom 11. Jahrhundert an aber zeigen die in ähnlicher Weise aus farbigen Glasstücken zusammengesetzten Bilder zunächst eingebrannte braune oder schwarze Konturen und Schattierungen, und es entwickelt sich nun in den folgenden Jahrhunderten, begünstigt insbesondere durch die hervorragende Stellung, welche der gotische Baustil dem Fenster einräumte, die Glasmalerei zu einer grossartigen Erhabenheit, zu der sie, nachdem das 17. Jahrhundert die allmählich wieder verfallende gänzlich zu Grabe getragen, erst die neueste Zeit wieder emporheben sollte.

Wie die Glasmalerei in Deutschland ihre vorzüglichste Ausbildung gefunden, so scheint sie dort auch entstanden zu sein. Einem deutschen Mönche wenigstens, Theophilus oder Rugerus, welcher im 11. spätestens zu Anfang des 12. Jahrhunderts in der Gegend von Paderborn gelebt haben soll, rührt die erste Beschreibung aller einschlagenden Arbeiten her, die er in seinem bekannten Werke*) über Malerei, Glasmacherkunst und Erzarbeit der Nachwelt überlieferte.

Zum Schluss dieser gedrängten historischen Skizze über die Glasmacherkunst, erwähnen wir noch der Erfindung eines angeblich hämmerbaren Glases durch einen römischen Architekten, der unter der Regierung des Kaisers Tiberius lebte, von welcher übereinstimmend Plinius, Dio Cassius, Isidor und andere berichten. Aus Rom verbannt, hoffte jener durch diese Entdeckung vom Kaiser die Erlaubnis zur Rückkehr zu erlangen. Der Kaiser war jedoch anderer Meinung und liess den vorwitzigen Entdecker, nachdem dieser seine Frage, ob er sein Geheimnis schon einem andern mitgeteilt habe, verneint hatte, auf der Stelle hinrichten, angeblich aus dem Grunde, weil durch eine solche Entdeckung Gold und Silber ihren Wert verlieren würden. Blancourt, der allen wunderbaren Angaben leicht Glauben schenkt, führt zur Bestätigung dieses Märchens ein zweites an. Ein Künstler habe dem Kardinal Richelieu eine Bildsäule aus hämmerbarem, biegsamem Glase überreicht und sei zum Lohne dafür aus ähnlichen Gründen zu lebenslänglichem Gefängnis verdammt worden. Auch die Alchemisten, denen nichts unmöglich schien, wollten das Glas durch ihr weisses Elixir hämmerbar machen, welches überdies noch die schöne Eigenschaft hatte, alle Kristalle in echte Diamanten zu verwandeln, während das rote Elixir Rubine und andere Edelsteine erzeugte. Auch Autoritäten vom Fach, so ein Kunkel und Neumann, haben sich bemüht, ein bei gewöhnlicher Temperatur bildsames Glas herzustellen; allein alle hierauf gerichteten Versuche sind erfolglos geblieben und werden es auch immer bleiben, indem Härte und Sprödigkeit recht eigentlich zum Wesen des Glases gehören; möglicherweise war das vermeintliche hämmerbare Glas geschmolzenes Chlorsilber, welches beinahe durchsichtig und auch bis zu einem gewissen Grade plastisch ist.

Müssen wir daher auch jene Erzählungen unbedingt in das Reich der Märchen verweisen, so dürften doch die neueren Bemühungen de la Bastiés, Piepers, Meusels, Siemens und anderer unter dem Namen Hartglas, elastisches Glas, Vulcanglas etc. Produkte von grosser Widerstandsfähigkeit gegen Temperaturwechsel einerseits, anderseits aber auch gegen Schlag und Stoss zu erzeugen, in gewissem Sinne wenigstens als eine Wiederholung der erwähnten Versuche anzusehen sein.

Aus den vorstehenden Mitteilungen ergibt sich, dass das Glas und die Kunst seiner Bearbeitung dem Altertum vollkommen bekannt wa-

---

*) Theophilus: *Schedula diversarum artium.* Neu herausgegeben von Ilg. Wien, 1874.

ren; gleichwohl ist die Bedeutung, die es damals hatte, sehr wesentlich verschieden, von derjenigen, die es im Verlauf der Zeiten nach und nach für die Gegenwart erlangt hat. Denn während die ältesten glasartigen Produkte in den meisten Fällen nichts anderes sind, als Nachahmungen gewisser kostbarer Mineralien, besonders von Edelsteinen, die als Schmuck und Zierat dienten, gehört es heutzutage allen Schichten der menschlichen Gesellschaft an, und ist für das tägliche Leben, die Industrie und die Wissenschaft gleich unentbehrlich geworden.



Erstes Kapitel.

Die chemische Zusammensetzung des Glases.

Obgleich wir eine sehr grosse Anzahl Analysen von Glas besitzen, so sind wir doch nicht im stande eine rationelle Formel für seine Zusammensetzung aufzustellen. Einerseits hat dies seinen Grund darin, dass sich die Kieselsäure nach so vielen verschiedenen Verhältnissen mit den verschiedenen Basen chemisch verbindet, so dass die Base bald ebensoviel, bald $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_6$, $^1/_9$, $^1/_{12}$, bald $1^1/_2$, 2, 3mal soviel Sauerstoff enthält wie die Säure, teils darin, dass diese verschiedenen Verbindungen unter sich wieder bestimmte Verbindungen eingehen, wodurch die Verhältnisse noch komplizierter werden, teils endlich darin, dass die Kieselsäuresalze im geschmolzenen Zustande, und zwar wahrscheinlich ohne eigentliche chemische Verbindungen zu bilden, sowohl Kieselsäure wie Basen aufzulösen vermögen, wobei auch noch die Temperatur nicht ohne Einfluss auf die aufgelöste Menge des einen oder andern Bestandteils ist. Alles was wir mit Sicherheit über die chemische Konstitution der eigentlichen Gläser wissen, ist, dass es Doppelverbindungen von Silikaten der Alkalien mit Silikaten der Erden sind. Welche Zersetzungen, welche Verbindungen in den schmelzenden Glasmassen entstehen, ist uns unbekannt, indem wir keine Mittel besitzen die verschiedenen Silikate, die nicht kristallisieren, sondern gleichförmige, völlig amorphe Massen bilden, voneinander zu trennen.

Das Sättigungsverhältnis, in welchem sich Säure und Basen nicht allein bei den verschiedenen, sondern sogar bei denselben Glassorten zu einander finden, ist sehr verschieden und wechselt, wie man aus den unten mitgeteilten Analysen ersehen wird, rücksichtlich des Sauerstoffs der Kieselsäure zu dem der Basen zwischen 2 : 1 und 6 : 1 und darüber hinaus, entsprechend den Sättigungsstufen $ROSiO_2$ und $RO3SiO_2$ und alle diese verschiedenen Verbindungen sind, dem Anscheine nach wenigstens, mit allen Eigenschaften ausgestattet, die dem Glase zukommen.

Diese Volubilität innerhalb der Verhältnisse derjenigen Substanzen, die das eigentliche Glas bilden, hat, beiläufig bemerkt, offenbar dessen Entdeckung oder Erfindung sehr erleichtern müssen; indessen haben auch die Alten schon unzweifelhaft ihre Glassätze nach ziemlich feststehenden Regeln zu komponieren verstanden, wie die Resultate nachstehender Analysen, welche mit Rücksicht auf die variable Zusammensetzung der Rohmaterialien, in erstaunenswerter Weise übereinstimmen, unschwer erkennen lassen.

Bezeichnung des Glases	Kieselsäure	Natron	Kalk	Magnesia	Thonerde	Eisenoxyd	Manganoxydul	Schwefelsäure	Analytiker
Aegyptischer Glasstab, farblos; Eremitage zu Petersberg	72,30	20,83	5,17	—	1,19	0,51	—	—	Benrath
Römische Flasche; Trier	70,66	17,47	8,38	—	2,25	1,24	—	—	do.
Römische Ampella, grünlich; Trier .	68,10	20,53	6,51	0,49	1,30	1,09	1,98	—	do.
Enger Flaschenhals von Panticapaeum grasgrün	67,10	18,67	8,05	1,16	3,29	1,73	Spur	—	do.
Römische Aschenurne; Puzzuoli .	70,58	18,86	8,00	Spur	1,80	0,53	0,48	—	Schüler
Aegyptischer Glasstab; bräunlich .	65,90	22,33	8,42	—	1,44	0,97	0,94	—	do.
Scheibenfragment; Castra vetera . .	72,32	15,27	9,21	0,21	1,71	1,22	0,47	—	Tscheuschner
Thränenflasche, bräunlichgrün; Castra vetera . .	70,56	17,39	8,22	0,31	1,47	0,86	1,05	—	do.

Es ist bereits oben gesagt worden, dass das Glas durch Vereinigung von Doppelsilikaten gebildet werde, und zwar in der Weise, dass wenn die Base des einen Silikats ein Alkali ist, die des andern eine Erde sein muss, die jedoch auch durch ein Metalloxyd vertreten werden kann, und, in einer gewissen Art von Gläsern, durch Bleioxyd vertreten wird.

Für gewöhnlich ist es Kalk, welcher als das Erdsilikat in die Zusammensetzung des Glases eingeht; doch finden sich neben demselben auch noch die Silikate von Bittererde, Thonerde, Eisenoxyd, Manganoxyd, Baryt und Strontian, und statt des Bleisilikats auch kieselsaures Zinkoxyd. Die grösseren oder geringeren Mengen, die bald von diesem bald von jenem Silikate, bald zufällig, bald absichtlich vorhanden sind, üben auf die Eigenschaften des Glases, namentlich auf seine Härte, seine grössere oder geringere Schmelzbarkeit, seinen Glanz, seine grössere oder geringere Durchsichtigkeit und auf seine Färbung einen der Natur der vorhandenen Silikate entsprechenden Einfluss. Um daher wenigstens mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit diesen Einfluss im Vor-

aus bestimmen zu können, wollen wir die wesentlichsten Eigenschaften der ebengenannten Silikate kurz mitteilen.

Kieselsaure Kalkerde.

Es existieren mehrere Verbindungen der Kieselsäure mit der Kalkerde, die sämtlich weit schwerer schmelzbar sind, als die Silikate der Alkalien. Die am leichtesten schmelzbare Verbindung ist die von 2 Aequ. Kalk mit 3 Aequ. Kieselsäure ($2CaO3SiO_2$); und selbst diese erfordert, um flüssig zu werden, dass stärkste Schmiedefeuer. Eine andere Verbindung $2CaOSiO_2$ schmilzt selbst im stärksten Weissfeuer nicht. Ein dem Tafelspat entsprechendes Kalksilikat = $CaOSiO_2$, durch Zusammenschmelzen von 6 Teilen Quarz mit 10 Teilen Marmor dargestellt, bildet eine blaugraue, schwach durchschneidende, dem Chalcedon ähnliche Masse. Das Silikat $8CaO3SiO_2$ wird im stärksten Essenfeuer nur weich, ohne zu schmelzen.

Auch die saureren Kalksilikate z. B. $CaO2SiO_2$ und $CaO3SiO_2$ schmelzen bei der Temperatur der Glasöfen nicht. Im Gebläseofen kommt nur das erstere in Fluss und erstarrt beim Erkalten zu einem weissen Email, während das zweite nur erweicht. Aus diesem Verhalten lässt sich der Schluss ziehen, dass im Glasofen sich die Kalksilikate nicht direkt bilden können, dass vielmehr, welche Ansicht zuerst wohl Schott ausgesprochen, Kieselsäure und Kalk in dem flüssigen Alkalisilikate sich lösen, dann erst miteinander sich verbinden und mit jenem zu Glas verschmelzen.

Der Kalk vermehrt die Elastizität und den Glanz des Glases, und erteilt ihm die wichtige Eigenschaft, weniger empfindlich für rasche Temperaturwechsel zu sein; er macht auch das Glas weniger hygroskopisch, und verhindert, wenn dieses der Luft ausgesetzt wird, das Irisieren oder seine Zersetzung. Das Gegenteil tritt ein, wenn dem Glase ein zu grosser Zusatz von Kalk gegeben wird; überhaupt ist die Wirkung des Kalkes nur dann am günstigsten, wenn seine Menge in der richtigen Proportion, einerseits zum Alkali, anderseits zur Kieselsäure steht. Vollständig geklärt sind diese Verhältnisse noch nicht; es scheint aber, dass in den besten Gläsern Kalk und Alkali zu gleichen Aequivalenten vorhanden sind. Wir werden später Gelegenheit finden, hierüber eingehend zu sprechen.

Kieselsaure Magnesia.

Die kieselsaure Bittererde $2MgO3SiO_2$ kommt als Steatit und Speckstein, mit einem Aequivalente Wasser verbunden als Meerschaum natürlich vor. Künstlich erhält man den letztern durch Fällung einer sehr verdünnten Auflösung von Bittersalz mit kieselsaurem Kali. Nach dem Auswaschen und Trocknen an der Luft bildet der Niederschlag eine fest zusammenhängende, leichte, schneidbare Masse. Diese Verbindung ist nur im stärksten Porzellanfeuer schmelzbar. Ein anderes Silikat der Magnesia $MgOSiO_2$, (Pikrosmin) nimmt im Por-

zellanofen nur eine teigige Beschaffenheit an. Die Verbindung $2MgOSiO_2$ (Olivin und Chrysolith) ist ganz unschmelzbar.

Aus den Eigenschaften der verschiedenen Bittererdesilikate darf man schliessen, dass die Bittererde die Kalkerde in der Glasfabrikation würde ersetzen können; ihre Schwerschmelzbarkeit aber, vermöge deren Gläser, welche selbst nur wenige Prozente Magnesia enthalten, nur schwierig zum Läutern zu bringen sind, verbietet ihre Anwendung und lässt sie, wo sie als zufällige Begleiterin des Kalkes (in dolomitischen Kalksteinen) dem Fabrikanten sich aufdrängt, wenig erwünscht erscheinen.

Kieselsaurer Baryt.

Der Baryt bildet, wie die meisten Basen, mit der Kieselsäure mehrere Verbindungen, die jedoch zur Zeit noch nicht genau untersucht sind; 1 Aequ. oder 2 Aequ. Baryt mit 3 Aequ. Kieselsäure zusammengeschmolzen, liefert porzellanartige geschmolzene Massen; während gleiche Aequivalente zu einem in Wasser löslichen Produkt zusammenschmelzen. Der kieselsaure Baryt erteilt dem Glase einen lebhaften Glanz und ein hohes spezifisches Gewicht, wodurch dasselbe ganz besonders für optische Zwecke geeignet wird. Auch vermehrt er in gewissem Grade die Schmelzbarkeit des Glases und hat in neuerer Zeit sogar bei der Erzeugung von Kristall und Halbkristall als Ersatz des Bleioxyds Verwendung gefunden. Nach Kirwan liefern:

80 Teile Kieselerde mit 20 Teilen Baryt bei 155^0 Wedgewood geschmolzen eine weisse zerreibliche Masse; 75 Teile Kieselerde mit 25 Teilen Baryt bei 150^0 eine harte, spröde an den Rändern geschmolzene Masse; 63 Teilen Kieselsäure mit 37 Teilen Baryt, eine harte, porösem Porzellan ähnliche Masse; gleiche Gewichtsteile von beiden Substanzen geben eine harte nicht geschmolzene Masse; 20 Teile Kieselsäure und 80 Teile Baryt bilden eine an den Rändern grünliche Masse, die das Mittel zwischen Porzellan und Emaille hält; 25 Teile Kieselsäure, 7 Teile Baryt geben eine geschmolzene, poröse porzellanähnliche Masse; 33 Teile Kieselsäure und 67 Teile Baryt ein poröses, zum Teil gelb-, zum Teil grünweisses Porzellan.

Kieselsaure Strontianerde.

Die Strontiansilikate verhalten sich überall den Barytsilikaten ähnlich; gleiche Teile Kieselsäure und Strontian, schmolzen zu einem bernsteingelben Glase zusammen; mit 3 Teilen Strontian bildete sich eine harte, zusammenhängende, klingende graue Masse, die weniger in Wasser, aber leicht in Salzsäure löslich war. Gleich dem Baryt erteilt der Strontian dem Glase einen lebhaften Glanz.

Kieselsaure Thonerde.

Dieselbe bildet, nach verschiedenen Graden der Sättigung, einen sehr häufigen Bestandteil fast aller Arten von Glas, dessen Schmelzbarkeit dadurch mehr verringert wird, als durch die Silikate von Kalk- oder Bittererde. Die Verbindungen der Kieselsäure mit der Thonerde sind womöglich noch zahlreicher und mannigfaltiger, als die mit andern Basen; aber alle sind für sich unschmelzbar, und erst ein Gehalt an andern Basen macht sie schmelzbar. Einen besondern Zusatz von Thon d. h. kieselsaurer Thonerde pflegt man dem Glase nicht zu geben; vielmehr findet sich die Thonerde als Nebenbestandteil der übrigen Materialien, aus welchem das Glas zusammengeschmolzen wird, oder sie geht auch aus den Schmelzgefässen in das Glas über; aus diesem Grunde ist auch der Thonerdegehalt in den verschiedenen Gläsern so sehr verschieden. Nur bei der auf Verwendung des Kryoliths oder des aus diesem gewonnenen Natronaluminats basierenden Fabrikation gewisser Milchglassorten, wird die Thonerde absichtlich in das Glasgemenge eingeführt. Ob dem Glase durch den Thon besondere Eigenschaften erteilt werden, und welcher Art dieselben sind, ist zur Zeit noch nicht bekannt, da es leider immer noch an endgültigen Versuchen hierüber fehlt; nur soviel scheint gewiss zu sein, dass ein grösserer Thonerdegehalt das Glas ganz besonders zum Entglasen geneigt macht.

Kieselsaures Eisenoxydul und Eisenoxyd.

Kieselsaures Eisenoxydul $2FeOSiO_2$ bildet sich häufig beim Frischen des Eisens in grauen glänzenden Kristallen, die sich aus den Schlacken absondern; den Glasflüssen erteilt es eine grüne Farbe, ist leicht schmelzbar, und wird durch Säure leicht zersetzt. Eine andere Verbindung $FeO2SiO_2$ kommt in der Natur vor (Chlorophanit im Basalt) und bildet sich auch zuweilen in den Hohöfen in kristallinisch blätteriger Gestalt, ist sehr strengflüssig und wird durch Säuren zersetzt.

Kieselsaures Eisenoxyd, $2Fe_2O_33SiO_2$, kommt im Mineralreiche als Anthosiderit mit Magneteisen vor. Mit kieselsaurem Natron bildet kieselsaures Eisenoxyd den in schwarzen Prismen kristallisierten Achmit; mit kieselsaurer Kalk-Bittererde, Mangan- und Eisenoxydul die zur Klasse der Granaten zu rechnenden Mineralien; mit Eisenoxydul verbunden ist es ein schwarzes, Hiesingerit oder Thaulit, genanntes Mineral.

Das Eisen wird wohl niemals absichtlich den Glassätzen hinzugefügt, gelangt vielmehr als Verunreinigung der Schmelzmaterialien in dieselben und ist in den meisten Fällen ein um so weniger gern gesehener Gast, als es die Eigenschaft besitzt, das Glas sehr intensiv zu färben. Diese Färbung ist je nach der verschiedenen Oxydationsstufe, in welcher das Eisen vorhanden ist, eine verschiedene und wenn M. Müller neuerdings behauptet hat*), dass dem Glase, wenigstens

*) Sprechsaal 1880, 202 f.

dem Kieselsäure-Kalk-Alkaliglase durch Eisenoxyd nur eine grüne Farbe zu erteilen sei, indem dasselbe unter Ausscheidung von Sauerstoff als Oxydul gelöst werde, so zeigt doch schon der einfache Lötrohrversuch, bei welchem die mit Eisen versetzte Perle bald gelb bald grün gefärbt erscheint, je nachdem dieselbe der oxydierenden oder der reduzierenden Flamme ausgesetzt gewesen, das Gegenteil. Denn die gelbe Perle ist klar und durchsichtig, enthält also das Eisenoxyd gelöst und nicht nur suspendiert, wie dies, worauf auch Müller hinweist, bei manchen Emails und Schmelzsorten, welche durch Eisenoxyd rot oder gelb gefärbt sind, der Fall ist. Nur in stark basischen Gläsern soll nach Müller das Eisenoxyd nicht vollständig zu Oxydul reduziert werden und aus der vereinigten Wirkung beider Oxydationsstufen resultiere dann eine mehr blaugrüne Färbung. Eine blaue Färbung durch Eisen hatte schon Gmelin vor etwa hundert Jahren an manchen antiken Gläsern nachgewiesen und Bontemps und Ménès Arbeiten zeigten, dass die verschiedenen Oxydationsstufen des Eisens die ganze Farbenskale von Schwarz bis Purpurrot zu erzeugen imstande sein, so zwar, dass

$6FeO$	Fe_2O_3	Schwarz,
$3FeO$	$2Fe_2O_3$	Blau,
FeO	Fe_2O_3	Grün,
$2FeO$	$3Fe_2O_3$	Gelb,
FeO	$3Fe_2O_3$	Orangerot,
	Fe_2O_3	Purpurrot

liefern.

Dieser starkfärbenden Eigenschaften wegen ist das Eisen wie bereits bemerkt, wo es in nur einigermassen beträchtlichen Menge in den Rohmaterialien vorhanden, wenig willkommen und nur in solchen Fällen wird es dem Fabrikanten von Vorteil sein können, in denen es vermöge seiner Leichtflüssigkeit eine leichtere Schmelzbarkeit geringerer, schwerschmelziger Glassätze, bei denen die Farbe weniger ins Gewicht fällt, bewirken kann, wie dies z. B in der Bouteillenfabrikation der Fall ist.

Kieselsaures Manganoxydul.

Mit Kieselsäure verbunden kommt das Manganoxydul als sogenannter schwarzer und als roter Mangankiesel in der Natur vor. Beide sind leichter schmelzbar als die entsprechenden Magnesia- und Kalksilikate. Das Manganoxydul färbt die Gläser, in denen es gelöst ist, schwach rosa, wohingegen das Manganoxyd demselben eine so intensive violette Farbe erteilt, dass ein Gehalt von 6 bis 7 Prozent genügt, ein Glas in dickeren Lagen völlig undurchsichtig und schwarz erscheinen zu lassen. Dieses durch Manganoxyd erzeugte Violett ist übrigens je nach der verschiedenen chemischen Zusammensetzung der Gläser verschieden nüanciert, so zwar, dass Kaligläser eine entschieden blauviolette, Natrongläser hingegen eine rotviolette Farbe annehmen. Durch Reduktionsmittel kann die violette Farbe des Oxyds in die blassrosa

Farbe des Oxyduls übergeführt werden und ebenso diese letztere in jene unter Anwendung von Oxydationsmitteln. Es ergeben sich hieraus für die Herstellung des reinen Manganvioletts Schwierigkeiten, auf welche wir an geeigneter Stelle zurückkommen werden.

Kieselsaures Bleioxyd.

Die Bleioxydsilikate machen einen sehr wichtigen Bestandteil einiger besonderen Arten von Glas aus. Diese Verbindungen sind um so leichter schmelzbar, je grösser ihr Gehalt an Base ist. Kieselsaures Bleioxyd von der Zusammensetzung $2PbO3SiO_2$ schmilzt schon bei Rotglut zu einem gelblich klaren Glase zusammen. Die Wirkungsweise des Bleioxyds in den Glassätzen ist, was die Schmelzbarkeit betrifft, der des Kalks und der Bittererde gerade entgegengesetzt, und es bildet daher einen wesentlichen Bestandteil aller leicht schmelzbaren Gläser, die sich ausserdem durch ihre Weichheit, ihren hohen Glanz, ihre beinahe vollkommene Farblosigkeit, und ihr starkes Lichtbrechungsvermögen vor allen andern auszeichnen; anderseits kann man den Bleigläsern den Vorwurf machen, das sie von chemischen Agenzien, selbst von der Kohlensäure der Luft mehr oder weniger leicht angegriffen und infolge hiervon häufig bald blind werden.

Kieselsaures Zinkoxyd.

Mehrfach ist der Versuch gemacht worden, anstatt des Bleioxyds das Zinkoxyd in das Glas einzuführen, da sich in mancher Hinsicht die Zinkoxydsilikate den Bleioxydsilikaten analog verhalten. Es wäre hiermit ein doppelter Vorteil verbunden, denn das Zinkoxyd ist nicht allein an sich weit billiger, als das Bleioxyd oder die Mennige, auch sein Aequivalent ist kleiner, als das dieser Materialien, so dass man mit 4 Teilen Zinkoxyd ebensoweit reicht, wie mit 11 Teilen Bleioxyd oder 12 Teilen Mennige.

Indessen haben die Zinkgläser bisher den gehegten Erwartungen nicht zu entsprechen vermocht, da sie in keiner Weise den Vergleich mit den Bleigläsern auszuhalten vermochten.

Von einigen teils mehr zufälligen, teils als ausnahmweise vorhandenen Stoffen absehend, hat man dem oben Gesagten zufolge als die näheren Bestandteile des Glases die Verbindungen der Alkalisilikate mit denen der Erdsilikate, in besonderen Fällen, mit Bleioxyd- oder Zinkoxydsilikaten zu betrachten. Die Eigenschaften, welche die verschiedenen Gläser zeigen, sind nicht allein von den verschiedenen Sättigungsgraden zwischen Base und Säure, sondern auch von den Verhältnissen abhängig, nach welchen die Alkalisilikate mit den Erdsilikaten verbunden sind. Nicht immer aber wird auch heute noch diesen Verhältnissen seitens der Fabrikanten gebührend Rechnung getragen,

da die letzteren nur zu oft um so weniger Veranlassung zu haben glauben, sich nach rationelleren Vorschriften für die Zusammensetzung der Glasgemenge umzusehen, als die genannten Stoffe, selbst bei sehr abweichenden gegenseitigen Mengen, dennoch zu einem Glase zusammenschmelzen.

Auf die grosse Veränderlichkeit in den Sättigungsverhältnissen zwischen Säure und Base haben wir bereits oben aufmerksam gemacht, und nicht geringer sind die Verschiedenheiten, die man an den verschiedenen Glasarten in dem Verhältnis des Alkali zu den Erden wahrnimmt. Die nachfolgende Zusammenstellung von Analysen der verschiedenen Glassorten lässt denn auch in der That die grossen Abweichungen in der Zusammensetzung derselben deutlich erkennen.

Tabellarische Uebersicht von Analysen der verschiedenen Glassorten.

I. Flaschenglas. (Ordinäres Hohlglas.)

	von Sevres	von Clichy	von Trelon	von Follembray	von Vaurrot	von Montplaisir	von Bechlbach	von Sulzbach	Champagnerflaschen Böhmen			Flaschenglas	Flaschenglas	Französisches		
	Dumas	Dumas	Schüler	Schüler	Schüler	Schüler	Schüler	Schüler	Maumené			nach Warrington	Dumas	Berthier		
Kieselsäure	53,55	56,84	62,21	61,35	64,75	66,04	65,57	63,34	58,4	62,21	63,34	59,00	45,6	60,0	60,4	59,6
Kali	5,48	0,40	1,91	2,04	2,39	2,82	2,72	2,01	1,8	1,91	2,01	1,70	6,1	} 3,1	} 13,2	3,2
Natron	—	8,69	5,69	2,80	3,66	2,83	4,86	4,17	9,9	5,69	4,17	10,10	—			—
Kalk	29,22	21,15	22,93	24,66	25,67	22,88	23,42	21,34	18,6	22,93	21,34	19,10	28,1	22,3	20,7	18,0
Magnesia	—	6,37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,50	—	—	0,6	7,0
Baryt	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,9	—
Manganoxydul	—	—	—	—	—	—	0,28	—	—	—	—	—	—	1,2	—	0,4
Thonerde	6,01	3,64	1,16	3,67	0,63	2,65	3,34	4,72	2,1	1,16	4,72	1,20	14,0	8,0	10,4	8,6
Eisenoxyd	5,74	2,59	6,10	5,51	2,81	2,78	2,81	4,42	8,9	6,10	4,42	7,00	6,2	4,0	3,8	4,4
													leicht entglas.			

II. Halbweisses Hohlglas. | III. Medianglas.

	Neuwelt in Böhmen	Glasröhren leichtflüssig	Aus französischer Fabrik				Aus einer französischen Fabrik			
			Berthier				von Berthier analysiert			
Kieselsäure	71,7	69,2	71,6	62,5	69,6	62,0	71,6	62,5	69,6	62,0
Kali	12,7	15,8	10,6	10,5	8,0	—	10,6	10,5	8,6	—
Natron	2,5	3,0	—	—	3,0	16,4	—	—	3,0	16,4
Kalk	10,3	7,6	10,0	16,2	13,0	15,6	10,0	16,2	13,0	15,6
Magnesia	—	2,0	—	—	0,6	2,2	—	—	0,6	2,2
Manganoxydul	0,2	—	0,3	1,2	—	—	0,3	1,2	—	—
Thonerde	0,4	1,2	3,0	4,5	3,6	2,4	3,0	4,5	3,6	2,4
Eisenoxyd	0,3	0,5	1,5	2,5	1,6	0,7	1,5	2,5	1,6	0,7

IV. Fensterglas.

	nach Dumas					Cowper	Dumas	Berthier	Richardson
	Französisches					Englisches	Englisches hart	Venezianisches	Englische Fabrik unbekannt
	weich	weich	weich	sehr weich	hart				
Kieselsäure	69,65	68,54	68,50	68,65	68,00	71,40	69,00	68,60	66,37
Kali	—	—	—	—	—	—	—	6,90	—
Natron	15,22	12,88	13,70	17,70	10,10	15,00	11,10	8,10	14,26
Kalk	13,31	16,77	7,80	9,65	14,30	22,40	12,50	11,00	11,86
Magnesia	—	—	—	—	—	—	—	2,10	—
Manganoxydul	—	—	—	—	—	0,30	—	0,10	—
Thonerde	1,82	2,40	10,00	4,00	7,60	0,60	7,40	1,20	8,16
Eisenoxyd	—	—	—	—	—	0,30	—	0,20	—

V. Spiegelglas.

	Berthier	Taffaers	Dumas		Berthier	Peligot		Mayer und Brazier			Jaeckel
	Französisches 1	2	3	4	Venezianisches 5	Böhmisches 6	Venezianisches 8	Britisch Plate Glass Company	London Thames Plate Glass Company	London and Manchester Plate Glass Company St. Helens	Münsterbusch bei Aachen
Kieselsäure	72,0	76,0	75,9	73,8	68,6	67,7	72,46	77,36	78,64	77,90	72,31
Kali	—	—	—	5,5	6,9	21,0	7,24	3,01	1,34	1,73	—
Natron	17,0	17,0	17,5	12,1	8,1	—	8,70	13,06	11,63	12,35	11,42
Kalk	6,4	6,0	3,8	5,6	11,0	9,9	11,64	5,31	6,09	4,85	14,96
Magnesia	—	—	—	—	2,1	—	—	—	—	—	—
Manganoxydul	—	—	—	—	0,1	—	—	—	—	Spur	—
Thonerde	2,6	—	2,8	3,5	1,2	1,4	—	Spur	2,68	2,68	0,81
Eisenoxyd	1,9	1,0	—	—	0,2	—	—	0,91	Spur	—	—

VI. Verschiedene weisse Gläser.

	Rowney	Poligot	Gross	Dumas	Berthier	Dumas	Pelouze		Otto
	Eine schwer schmelzbare böhmische Glasröhre	Böhmisches Glas	Trinkglas, Neuwelt in Böhmen	Böhmisches Glas	leicht schmelzbare französische Glasröhre	von einer unbekannten deutschen Glashütte	Bestes französisches weisses Glas		Böhmische Röhre
Kieselsäure	73,13	76,0	71,6	69,4	63,2	62,8	72,1	77,3	74,4
Kali	11,49	15,0	11,0	11,8	15,8	22,1	—	—	18,5
Natron	3,07	—	—	—	3,0	—	12,4	16,3	—
Kalk	10,43	8,0	10,0	9,2	7,6	12,5	15,5	6,9	7,2
Magnesia	0,26	—	2,3	—	2,0	—	—	—	—
Manganoxydul	0,46	—	0,2	—	—	—	—	—	—
Thonerde	0,30	1,0	2,2	9,6	1,2	} 2,6	Spur	Spur	0,1
Eisenoxyd	0,13	—	3,9	—	0,5	}	—	—	—

VII. Kristall- und Flintglas.

	Berthier		Berthier	Dumas	Faraday	Dumas	Faraday	Faraday	Sauerwein	
						Flintglas				
	Kristall von der Hütte Conéche a	Kristall von der Hütte Conéche b	Kristall von New-Castle	Kristall, Ursprung unbekannt	Englischer Kristall	v. Optiker Guinand in Neufchatel	Eben daher	Englisches	Französische Lampencylinder	Crownglas von Maës in Clichy
Kieselsäure	61,0	56,0	51,4	56,0	55,13	42,5	44,8	51,39	48,1	56,613
Kali	6,0	6,6	9,4	8,9	13,67	11,7	11,7	13,77	12,5	24,684
Natron	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Kalk	—	—	—	2,6	—	0,5	—	—	0,6	0,700
Thonerde	—	1,0	—	—	—	1,8	—	—	—	
Bleioxyd	33,0	34,4	37,4	32,5	31,20	43,5	43,8	33,28	38,0	0,400
Manganoxydul	—	—	—	—	—	Arsensäure Spur	—	—	—	
Eisenoxyd	—	—	—	Spur	—		—	—	0,5	13,495 Zinkoxyd
Zinnoxyd	—	—	—	—	—		—	—	—	4,108

Analyse verschiedener Gläser von Weber*).

Nummer	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	KO	NaO	Summa	Verhältnis $SiO_2 : CaO : \left\{ \begin{matrix} NaO \\ KO \end{matrix} \right.$	Bemerkungen
									A. Mangelhafte Gläser.
1	70,74	1,50	4,50	0,09	20,01	3,21	100,05	14,6 : 1 : 3,2	Fensterglasproben, welche mit zahlreichen feinen Haarrissen versehen sind, an der Luft feucht werden, beim Erhitzen eine rauhe Oberfläche erhalten und schuppenartig abblättern. Salzsäuredämpfe bewirken auf ihnen starke, weisse Beschläge.
2	70,15	1,74	5,22	0,13	22,68	—	99,92	12,5 : 1 : 2,5	
3	66,44	0,84	7,24	0,23	25,16	—	99,91	8,2 : 1 : 2	
4	64,36	2,85	8,27	0,22	23,75	—	99,45	7,1 : 1 : 1,6	Erblindete Fensterscheiben von ähnlichem Verhalten wie die vorigen.
5	64,55	2,73	8,74	0,32	23,56	—	99,90	6,6 : 1 : 1,5	
6	63,62	1,48	7,88	0,09	24,58	1,96	99,61	7,5 : 1 : 2	Noch nicht erblindete, an der Luft aber Feuchtigkeit stark anziehende Fensterscheiben, welche durch Erhitzen rauh werden und durch die Einwirkung von Salzsäuredämpfen stark beschlagen.
7	64,64	1,68	8,14	0,14	22,92	1,75	99,27	7,4 : 1 : 1,8	
8	62,06	2,10	8,40	0,12	26,86	—	99,54	6,9 : 1 : 2	
9	63,95	2,01	7,91	0,10	25,77	—	99,74	7,5 : 1 : 2	
10	63,90	3,30	9,11	0,37	23,16	—	99,84	6,2 : 1 : 1,4	Fensterscheibe mit ähnlichen, nur weniger stark hervortretenden Eigenschaften, als die vorigen.
11	63,40	2,67	13,75	—	19,86	—	99,68	4,3 : 1 : 1,85	Glasröhre, welche von kochendem Wasser leicht angegriffen wird.
12	62,78	2,57	5,51	0,23	16,44	12,46	99,99	10 : 1 : 3,6	Spiegelglas von einem Berliner Schaufenster; an der Luft Feuchtigkeit anziehend und gänzlich zerklüftet.
13	66,64	2,67	7,38	0,11	1,05	22,45	100,30	8,4 : 1 : 2,8	Scheibe von einer Schrankthür. Das Glas bedeckte sich mit zarten, langfaserigen Kristallisationen, welche an der Luft zerflossen und nach dem Abwischen sich bald erneuerten. Durch Erhitzen werden sie rauh; in Salzsäuredämpfen beschlagen sie stark.

*) Mitgeteilt in Dinglers Journal 232, 349.

Nummer	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	KO	NaO	Summa	Verhältnis $SiO_2 : CaO : \left\{ \begin{matrix} NaO \\ KO \end{matrix} \right.$	Bemerkungen
14	70,42	2,14	5,71	0,42	1,12	20,74	100,55	10,4 : 1 : 3	Glasscheibe; reifartig beschlagen. Wird durch Salzsäuredämpfe angegriffen und beim Erhitzen rauh.
15	70,00	3,45	7,47	0,22	0,55	18,71	100,40	8,4 : 1 : 2,2	Wird an der Luft blind; verhält sich gegen Salzsäuredämpfe und beim Erhitzen wie vorstehende.
16	74,21	0,88	3,95	0,65	4,20	16,45	100,34	14,3 : 1 : 3,5	Spiegelgläser, welche an der Luft beschlagen und sich im übrigen wie die vorigen verhalten.
17	72,66	1,44	4,26	—	4,36	16,57	99,29	16 : 1 : 4	
18	74,29	1,23	3,49	—	7,10	13,74	99,85	19,8 : 1 : 4,7	
19	71,33	2,14	3,21	1,16	2,75	19,27	99,86	13,7 : 1 : 4	Bruchstücke eines venezianischen Bechers, welcher sich mit an der Luft zerfliesslichen Kristallen bedeckt.
20	75,80	1,36	1,76	—	1,75	18,25	98,92	40 : 1 : 9,9	Glasglocke, welche schon bei schwachem Erhitzen sich mit einem rauhen Ueberzuge bedeckte. Nachdem durch Abschleifen und Polieren eine neue glatte Oberfläche hergestellt war, trat die Veränderlichkeit des Glases durch Beschlagen sehr augenfällig hervor.
21	69,38	2,14	7,23	0,25	0,83	19,70	99.53	8,5 : 1 : 2,4	Beschlag reifartig; wurde von Salzsäuredämpfen stark angegriffen.
22	74,88	1,36	5,81	0,04	—	17,70	99,79	12 : 1 : 2,7	Glasglocke, dessen innere Wandung stark beschlagen; von Salzsäuredämpfen stark angegriffen.

B. Gläser mittlerer Beschaffenheit.

Nummer	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	KO	NaO	Summa	Verhältnis	Bemerkungen
23	73,66	2,27	8,32	0,22	—	15,28	99,75	8 : 1 : 1,6	Fensterscheibe; neigt zum Bestäuben und zeigt unter der Einwirkung von Salzsäuredämpfen geringen hauchartigen Beschlag.

24	72,28	1,48	7,45	0,25	10,30	8,24	100,00	8,6 : 1 : 1,7	Spiegelglas; Beschlag an der Luft; von Salzsäuredämpfen wenig angegriffen. Verliert beim Erhitzen etwas an Glanz.
25	71,71	1,33	8,01	0,03	0,61	17,62	99,31	8,3 : 1 : 2	Spiegelgläser; verhalten sich an der Luft und gegen Salzsäure ähnlich wie das Vorstehende, werden aber geringer affiziert als jenes. Beim Erhitzen unverändert.
26	74,49	1,19	8,86	0,05	—	15,94	100,53	7,8 : 1 : 1,6	
27	75,81	1,00	8,17	0,12	0,43	14,15	99,68	8,6 : 1 : 1,6	
28	73,63	2,01	6,79	0,31	—	16,64	99,38	9,5 : 1 : 2	Fensterscheiben mit geringer Neigung zum Beschlagen und Bestäuben; unter der Einwirkung von Salzsäuredämpfen wenig behaucht. Erhitzt unverändert.
29	70,90	1,78	13,10	—	—	14,68	100,46	5 : 1 : 1	
30	70,33	2,13	12,35	0,24	—	14,95	100,00	5,2 : 1 : 1	
31	69,81	1,38	15,07	0,09	—	12,69	99,04	4,3 : 1 : 0,7	

C. Bewährte Gläser.

32	71,23	1,70	16,39	0,20	—	10,78	100,30	4,0 : 1 : 0,6	Mehrere Jahre im Gebrauch befindliche, unveränderte Fensterscheiben.
33	71,03	2,98	15,62	0,15	—	10,76	100,54	4,2 : 1 : 0,6	
34	71,92	0,85	13,65	0,16	—	13,42	100,00	4,8 : 1 : 0,88	Hatten länger als ein Jahr unverändert auf Lager gelegen. Mit Salzsäuredämpfen behandelt sehr gering behaucht.
35	73,35	0,73	11,91	0,71	—	13,12	100,00	5,3 : 1 : 0,9	
36	72,68	1,06	12,76	0,26	—	13,24	100,00	5,2 : 1 : 0,9	
37	72,66	0,95	15,20	0,25	—	10,94	100,00	4,4 : 1 : 0,6	Hielt sich ebenfalls auf dem Lager länger als ein Jahr unverändert, zeigte aber mit Salzsäuredämpfen behandelt etwas stärkeren Hauch als die vorhergehenden.
38	70,58	1,01	16,07	0,80	—	11,77	99,23	3,8 : 1 : 0,6	Spiegelglas von gleichem Verhalten wie Nr. 37.
						PbO			
39	74,58	1,23	5,57	0,14	17,90	0,34	99,76	12,5 : 1 : 2	Böhmische Kristalle; auch gegen Salzsäure unempfindlich.
40	75,81	1,01	7,38	0,10	11,39	4,84	100,53	9,6 : 1 : 1,5	
41	72,13	1,41	11,51	—	5,66	10,06	100,77	5,8 : 1 : 1	Hohlgläser, ebenfalls gegen Salzsäure unempfindlich.
42	75,23	2,12	8,00	0,03	6,38	8,84	100,60	8,8 : 1 : 1,5	
43	70,07	1,02	12,13	0,32	15,03	2,00	100,57	5,2 : 1 : 0,85	Optisches Glas und Prismen, Linsen etc. Verhalten wie vorstehend.

Nummer	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	KO	NaO	Summa	Verhältnis $SiO_2 : CaO : \begin{cases} NaO \\ KO \end{cases}$	Bemerkungen
				D. Bleigläser.					
				PbO					
44	53,70	1,12	0,17	37,02	7,36	0,70	100,07	5,3 : 1 : 0,5	Kristallglas von St. Louis (halten sich unverändert; geben mit Salzsäure einen schwachen Anflug.)
45	53,70	1,07	0,59	34,91	9,12	0,30	99,69	5,3 : 1 : 0,6	„ „ St. Lambert (halten sich unverändert; geben mit Salzsäure einen schwachen Anflug.)
						MgO			
46	52,41	0,96	0,77	35,24	10,37	0,08	99,83	5,1 : 1 : 0,64	„ „ St. Baccarat (halten sich unverändert; geben mit Salzsäure einen schwachen Anflug.)
47	45,42	0,82	0,36	47,06	6,80	—	100,28	3,5 : 1 : 0,33	Flintglas, bleibt unverändert.
48	40,65	0,77	0,22	51,18	6,62	—	99,44	2,9 : 1 : 0,3	„ neigt zum Beschlagen.
						MgO			
49	33,35	1,20	0,50	62,36	3,11	0,07	100,59	1,9 : 1 : 0,1	„ zeigt geschliffen, nach kurzer Zeit regenbogenfarbige Beschläge.

Wie aus diesen Analysen ersichtlich, ist die Zusammetzung des Glases, sowohl in bezug auf das Verhältnis der Basen zur Kieselsäure, wie auch rücksichtlich der Alkalien zum Kalk ein sehr variables.

Was zunächst das letztere, ausgedrückt in Aequivalenten, anlangt, so konnte schon Berthier beim grünen Flaschenglase Schwankungen von 1 : 2 bis 2 : 3, Dumas dagegen von 1 : 1 bis 2 : 3 und endlich Maumené solche von 1 : 1 bis 3 : 2 nachweisen, entsprechend einem Kalkgehalte von 57 bis 180 Teile, auf je 100 Teile Natron.

Ebenso ergeben sich nach Berthier für halbweisses Hohlglas

4 Aequivalente Natron auf 7 Aequivalente Kalk
3 „ „ „ 8 „ „
1 „ „ „ 3 „ „
1 „ „ „ 4 „ „

entsprechend auf

100 Teile Natron	161 Teile Kalk		
100 „ „	275 „ „		
100 „ „	280 „ „		
100 „ „	452 „ „		

ferner nach Dumas für Fensterglas

1 Aeq. Natron 1 Aeq. Kalk entsprechend 90 Tl. Kalk auf 100 Tl. Natron
4 „ „ 5 „ „ „ 113 „ „ „ 100 „ „
4 „ „ 7 „ „ „ 158 „ „ „ 100 „ „
1 „ „ 2 „ „ „ 189 „ „ „ 100 „ „

und endlich für Spiegelglas

2 Aeq. Natron auf 1 Aeq. Kalk oder 48,3 Tl. Kalk auf 100 Tl. Natron
7 „ „ „ 11 „ „ „ 109,5 „ „ „ 100 „ „

Die Schwankungen zwischen dem Minimum und Maximum sind also bei Flaschenglas = Hohlglas = Fensterglas = Spiegelglas =
1 : 3 2 : 5 4 : 2 1 : 3

Auch rücksichtlich des Verhältnisses dieser Basen zur Kieselsäure begegnen wir in den angeführten Analysen sehr bedeutenden Schwankungen, welche sich etwa zwischen den Grenzen von 3 Aequivalenten resp. 9 Aequivalenten Säure auf 2 Aequivalente Basis bewegen.

Hiernach würden sich für die Zusammensetzung der Gläser etwa folgende Typen aufstellen lassen.

	Natronglas			Kaliglas		
I.	$4NaO$	124	12,6	$4KO$	188,8	17,9
	$2CaO$	56	5,6	$2CaO$	56,0	5,3
	$27SiO_2$	810	81,8	$27SiO_2$	810,0	76,8
		990	100,0		1054,8	100,0
II.	NaO	31,00	20,8	KO	47,2	28,6
	CaO	28,00	18,8	CaO	28,0	16,9
	$3SiO_2$	90,00	60,4	$3SiO_2$	90,0	54,5
		149,00	100,0		165,2	100,0
III.	$2NO$	62	8,4	$2KO$	94,4	12,3
	$8CaO$	224	30,4	$8CaO$	224,0	29,2
	$15SiO_2$	450	61,2	$15SiO_2$	450,0	58,5
		736	100,0		763,4	100,0
IV.	NaO	31,00	9,4	KO	47,2	13,7
	CaO	28,00	8,5	CaO	28,0	8,1
	$9SiO_2$	270,00	82,1	$9SiO_2$	270,0	78,2
		329,00	100,0		345,2	100,0
V.	NaO	31,00	5,2	KO	47,2	7,7
	$4CaO$	112,00	18,9	$4CaO$	112,0	18,4
	$15SiO_2$	450,00	75,9	$15SiO_2$	450,0	73,9
		593,00	100,0		609,2	100,0

Lässt sich nun wohl einerseits schon erwarten, dass eine so verschiedene chemische Zusammensetzung des Glases nicht ohne bedeutenden Einfluss auf dessen chemisches und physikalisches Verhalten sein werde, so fin-

den wir anderseits eine solche Erwartung durch mancherlei Erfahrungen bestätigt.

So zeigen beispielsweise zunächst die meisten Gläser von anerkannt guten Eigenschaften eine Silicierungsstufe, welche dem arithmetischen Mittel aus den oben angeführten Grenzwerten ziemlich genau entspricht, so dass man also ein Silikat von der Zusammensetzung $2RO6SiO_2$ als Norm für die chemische Konstitution guter Gläser wird ansehen können, wenn es auch bei dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnis der letztern einstweilen noch eine offene Frage bleiben muss, ob man ein derartig zusammengesetztes Glas als eine feststehende Verbindung oder als ein Gemenge mehrerer verschiedenartig zusammengesetzter Silikate oder endlich als eine Lösung von freier Kieselsäure in einem Silikate von niedrigerer Sättigungsstufe wird ansehen müssen.

Was ferner das Verhältnis der Alkalien zum Kalk anlangt, so scheint mehr als 1 Aequivalent Alkali auf 1 Aequivalent Kalk wenig dauerhafte Gläser zu liefern, wie sich dies z. B. in der Spiegelfabrik zu St. Gobain gezeigt hat. Früher hatte das Spiegelglas dieser Fabrik die Zusammensetzung:

Kieselsäure	72,00
Natron	19,50
Kalk	8,50
	100,00

entsprechend der Formel $2NaOCaO8SiO_2$, so dass also bei genügender Silicierung auf 1 Aequivalent Kalk 2 Aequivalente Natron kamen. Dieses Glas zeigte keine grosse Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkungen der Atmosphäre; man änderte daher dessen Zusammensetzung so, dass es aus:

Kieselsäure	73,00
Natron	11,50
Kalk	15,50
	100,00

bestand, und nunmehr bei gleicher Silicierung wie das frühere Glas auf 3 Aequivalente Kalk nur 2 Aequivalente Natron enthielt, nach der Formel $2NaO3CaO13SiO_2$. Nachdem so das Verhältnis des Kalks zum Natron gegen früher 3 mal so gross geworden, zeigte das Glas einen weit stärkern Glanz, mehr Dauerhaftigkeit und litt namentlich weniger durch die Feuchtigkeit der Luft.

Wie sehr es auf das richtige Verhältnis der Basen unter sich ankommt, ersieht man auch aus den folgenden von Vogel und Reischauer mitgeteilten Analysen von Spiegel- und Fensterglas, welche leicht erblindeten und anliefen.

	I. Spiegelglas,	II. Fensterglas,	III. Fensterglas, fleckig
Kieselsäure	65,16	64,04	66,47
Kali	22,31	20,64	18,79
Natron	2,47	4,94	5,61
Kalk	4,69	7,80	5,60
Thonerde und Eisenoxyd	3,39	1,69	3,10
	98,02	99,11	99,57

Sieht man von dem Gehalt an Eisenoxyd und Thonerde ab, so berechnet sich die Zusammensetzung dieser Gläser in 100 Teilen auf

	I.	II.	III.
Kieselsäure	68,9	65,8	69,0
Kali	23,5	21,2	19,4
Natron	2,6	5,0	5,8
Kalk	5,0	8,0	5,8
	100,0	100,0	100,0

und es ergeben sich für die letztere nachstehende Formeln

I. II. III.

$$3\left\{\begin{matrix}K\\Na\end{matrix}\right\}O\,CaO\,12SiO_2 \quad 2\left\{\begin{matrix}K\\Na\end{matrix}\right\}O\,CaO\,9SiO_2 \quad 3\left\{\begin{matrix}K\\Na\end{matrix}\right\}O\,CaO\,12SiO_2$$

sämtlich Trisilikaten entsprechend, mit 3 Aequivalenten Alkali auf 1 Aequivalent Kalk bei I. und III. und mit 2 Aequivalenten Alkali auf 1 Aequivalent Kalk bei II. Säure und Basis stehen also in einem solchen Verhältnisse zu einander, wie die Bildung eines untadelhaften Glases es erheischt. Allein das Verhältnis des Alkali zum Kalk ist überall ein unrichtiges und dies die Ursachen der fehlerhaften Beschaffenheit der Gläser.

Oben haben wir gesehen, dass auf 1 Aeq. Alkali mindestens 1 Aeq. Kalk kommen müsse, wenn gute Gläser entstehen sollen, und dieser Bedingung entsprechen diese drei Gläser nicht. Die Vermehrung des Kalks in allen drei Fällen würde die Erzeugung eines guten Glases zur Folge gehabt haben.

In ähnlicher Weise kommt Weber*) auf Grund der oben mitgeteilten zahlreichen Analysen von Gläsern verschiedener Qualität, zu dem Schlusse, dass eine ganz bestimmte Relation zwischen der chemischen Zusammensetzung der Gläser und ihrer Widerstandsfähigkeit gegen atmosphärische Einflüsse existiere. Ein Trisilikat mit gleichen Atomen Alkali und Kalk erscheint auch ihm als Normalzusammesetzung guter Alkalikalkgläser mit der Erweiterung jedoch, dass, unbeschadet der Qualität, ein grösserer Alkaligehalt statthaft sei bei höherer Silicierung, wohingegen die letztere unter die Stufe eines Trisilikats zurückgehen könne, wenn gleichzeitig dem Alkali gegenüber der Kalk überwiege. Von kaum irgend welcher Bedeutung für die Praxis erscheint die geringe Abweichung hiervon, welche Benrath aus der Vergleichung zahlreicher, teils fremder, teils eigener Analysen mit der Qualität der untersuchten Gläser ableitet und welche ihn veranlasst, die Zusammensetzung bester Alkalikalkgläser zwischen die Grenzen

$$\left.\begin{matrix}K\\Na\end{matrix}\right\}O\,CaO\,6SiO_2 \text{ und}$$

$$5\left\{\begin{matrix}K\\Na\end{matrix}\right\}O\,7CaO\,36SiO_2$$

einzuweisen und somit als Norm für die Zusammensetzung die mittleren Werte hieraus aufzustellen, d. h.

*) Vergleiche hierüber Kapitel II. Wirkung des Wassers.

für Natrongläser $5NaO6CaO33SiO_2$ und
für Kaligläser $5KO6CaO33SiO_2$.*)

Wie leicht es nach dem Gesagten scheinen könnte den Gläsern eine richtige Zusammensetzung zu geben, so stellen sich dem doch in der Ausführung grosse Schwierigkeiten entgegen. Besonders ist es die wechselnde Zusammensetzung der Rohmaterialien selbst, welche nicht erlaubt einen Glassatz stets nach denselben Gewichtsverhältnissen zusammenzusetzen. Hieraus würde sich die Notwendigkeit ergeben von Zeit zu Zeit oder wenn man deren von einer neuen Bezugsquelle in Arbeit nimmt, die Rohmaterialien zu analysieren, und nach dem Ergebnis die Gewichtsverhältnisse der Stoffe zu bestimmen. So lange also die Glasfabrikanten, sofern sie nicht selbst in der Lage sind, derartige Untersuchungen auszuführen, es versäumen, der jeweiligen Zusammensetzung ihrer Rohmaterialien sich zu vergewissern, indem sie dieselben anderweitig analysieren lassen, werden sie, sofern nicht ganz besondere Umstände ihnen die Verschmelzung höchst gleichartiger Materialien sichern, eine sich gleichbleibende Qualität ihrer Produkte nicht erwarten können.

Bisher ist von den Bleigläsern noch nicht die Rede gewesen, auch unterscheiden sich dieselben von den Kalkgläsern nur dadurch, dass der Kalk durch Bleioxyd ersetzt ist. Dagegen weichen die Alkalibleigläser in ihren physikalischen Eigenschaften wesentlich von Alkalikalkgläsern ab. Sie besitzen eine weit grössere Schmelzbarkeit, als diese, und sind im geschmolzenen Zustande, bei einer hinreichend hohen Temperatur auch dünnflüssiger; ein Verhalten, welches sehr viel dazu beiträgt, sie von allen nicht gelösten oder geschmolzenen, fremdartigen Körpern, die sich in der Ruhe entweder zu Boden setzen, oder auf der Oberfläche ansammeln, zu befreien. Dieser vollkommenen Reinigung verdanken sie auch den hohen Grad von Klarheit und Durchsichtigkeit, Eigenschaften, in welchen nur der sogenannte Kalikristall (Kalikalkglas) mit ihnen konkurriert. Die Schmelzbarkeit der Bleigläser wird um so grösser, jemehr der Bleioxydgehalt steigt, zugleich werden sie aber auch um so weicher, und den Einflüssen der Luft und chemischen Agenzien um so zugänglicher, sowie sie überhaupt durch Säure wie durch Alkalien leichter angegriffen werden, als die Alkalikalkgläser.

Namentlich das letztere wird man bei der Komposition der Alkalibleigläser zu beherzigen haben und wenn auch die mitgeteilten Analysen eine sehr verschiedene Zusammensetzung zeigen, so wird man, sobald nicht für optische Zwecke ein Glas von besonderer lichtbrechender Wirkung erzeugt werden soll, im allgemeinen der früher ermittelten Konstitution der Alkalikalkgläser auch die Bleikristalle nachbilden können. Der Formel $KaOPbO6SiO_2$ kommen z. B. ziemlich nahe zwei von Faraday mitgeteilte Analysen englischen Kristalls:

	I.	II.
Kieselsäure	55,13	52,3
Kali	13,67	13,9
Bleioxyd	31,20	33,8
	100,00	100,0

*) Glasfabrikation 31.

während die Formel

Kieselsäure	53,2
Kali	13,9
Bleioxyd	32,9
	100,0

verlangen würde.

Nicht selten ist beim Kristallglase ein Teil des Bleioxyds durch Kalk ersetzt, während das Alkali bald durch Natron, bald durch Kali vertreten ist. Die nachstehenden Analysen solcher Gläser

	I. nach Dumas (vergleiche Tabellen)	II. Tscheuschner
Kieselsäure	56,0	58,2
Natron	8,9	—
Kali	—	12,0
Kalk	2,6	4,1
Bleioxyd	32,5	25,7
	100,0	100,0

können gewissermassen als Bestätigung des Vorstehenden gelten. Rechnet man in beiden den Kalk dem Bleioxyd hinzu, so erhält man folgende Verhältnisse für die Aequivalentzahlen

	Alkali :	Bleioxyd :	Kieselsäure :
I.	5	6	33
II.	5	7	38

Fassen wir das im Vorgehenden über die Zusammensetzung des Glases Gesagte nochmals zusammen, so finden wir, dass sehr viele als zuverlässig und unveränderlich erkannte Glassorten die einzelnen Bestandteile genau in dem Verhältnisse enthalten, welches einer Doppelverbindung aus gleichen Aequivalenten dreifach kieselsauren Alkalis und dreifach kieselsaurer Erden entspricht. Glassorten aber, welche bei gleicher Beständigkeit eine andere Mischung erkennen liessen, zeigten bei zunehmendem Gehalte an Alkalisilikat eine entsprechend höhere Silicierung, während bei überwiegendem Kalksilikat der Kieselsäuregehalt zurückging. Bedenkt man, dass kalk- und kieselsäurereiche Gläser einerseits schwerflüssiger sein werden, als alkalireiche, wie sie anderseits rücksichtlich des Selbstkostenpreises sich billiger stellen werden, so ist es nicht unwesentlich für die Praxis, aus dem vorhandenen Material die Grenzen abzuleiten, innerhalb welcher man sich bei der Zusammensetzung des Glases wird bewegen können.

Fasst man in der Analyse eines Glases den Gehalt an Alkalien, an Erden und an Kieselsäure in Aequivalenten ausgedrückt zusammen, den ersteren ganz allgemein mit AO, den zweiten mit EO und den dritten mit SiO_2 bezeichnend, so wird man die Zusammensetzung des Glases ausdrücken können durch die Formel

$$x\,AO + y\,EO + z\,SiO_2$$

worin die Koeffizienten x, y, z innerhalb gewisser, durch die an die Qualität des Glases gemachten Anforderungen bestimmter Grenzen ver-

änderliche Zahlen sind. Für die Normalzusammensetzung würden diese Koeffizienten die Werte

$$x = y = 1$$
$$z = 6 = 3(x + y)$$

annehmen. Die Formel $z = 3\ (x + y)$ für die Bestimmung der einem Glase bei einem bestimmten Gehalte an Alkalien und Erden zu inkorporierenden Kieselsäure bleibt aber, wie viele untersuchte Gläser, namentlich auch die oben angeführten Anlysen von Weber zeigen, nur richtig, wenn $x = y$ d. h. wenn das Glas gleiche Aequivalente Alkalien und Erden enthält. Für $x \gtrless y$ gibt diese Formel Werte, welche mehr oder weniger von den durch die Analyse ermittelten Mengen abweichen. Für die von Weber analysierten bewährten Gläser würde z. B. sein

Nummer der Analyse	Wert von x	Wert von y	Wert von 3 (x + y)	Wert von z	Wert von $3\left(\frac{x^2}{y} + y\right)$
32.	0,6	1	4,8	4,0	4,1
33.	0,6	1	4,8	4,2	4,1
34.	0,88	1	5,64	4,8	5,3
35.	0,9	1	5,7	5,3	5,4
36.	0,9	1	5,7	5,2	5,4
37.	0,6	1	4,8	4,4	4,1
38.	0,6	1	4,8	3,8	4,1
39.	2,0	1	9,0	12,5	15,0
40.	1,5	1	7,5	9,6	9,75
42.	1,5	1	7,5	8,8	9,75
43.	0,85	1	5,55	5,20	5,20
47.	0,33	1	3,99	3,5	3,33

Vergleicht man nun die in der vierten Kolumne dieser Tabelle enthaltenen berechneten Werte von $3(x + y)$ mit den durch die Analysen ermittelten Werte von z in der fünften Kolumne, so findet man jene bei geringem Alkaligehalt zu hoch, bei hohem Alkaligehalt dagegen zu niedrig. Lässt man aber in der Grösse $3(x + y)$ den Sumanden x im Verhältnis des Alkaligehalts wachsen und vermindert ihn im Verhältnis des Kalkgehalts, d. h. also, multipliziert man ihn mit x und dividiert man ihn durch y, so erhält man die Werte der letzten Kolumne obiger Tabelle, welche sich im allgemeinen weit besser an die z-Werte der Analysen anschliessen. Wir werden somit die Formel für die Zusammensetzung der Gläser schreiben können

$$xAO + yEO + 3\left(\frac{x^2}{y} + y\right) SiO_2$$

wozu wir noch aus den Weberschen Analysen die Beschränkung abzuleiten vermögen, dass für $y = 1$

für Tafelglas x schwanken kann zwischen 0,6 und 1
für böhmischen Kristall x „ „ 1,5 und 2
für Hohlglas x „ „ 0,8 und 1,5

Wir werden später bei Besprechung der Glassätze hierauf zurückzukommen Gelegenheit haben.

Obgleich es sehr nahe zu liegen scheint, die Gläser nach ihrer chemischen Zusammensetzung einzuteilen, so würde doch eine solche Einteilung für die Praxis, was Uebersichtlichkeit und Zusammengehörigkeit betrifft, in der That nur geringe Vorteile darbieten, indem sich der Betrieb im allgemeinen weniger nach den Bestandteilen, als vielmehr nach der technischen Bestimmung des Glases scheidet, obgleich auch in einigen Fällen beide zu einander in einer gewissen Beziehung stehen. Inzwischen fehlt viel daran, dass betreffs des Einteilungsprinzips unter den Schriftstellern, die über Glasfabrikation geschrieben haben, Uebereinstimmung herrsche.

Stein teilte die Gläser, nach ihrem chemischen Charakter in drei Klassen, wie folgt:

Erste Klasse.

Glas mit einer oder zwei Basen, die denselben Gruppen angehören.
Wasserglas, lösliches Glas.
Kaliwasserglas, Natronwasserglas, Doppelwasserglas.

Zweite Klasse.

Glas mit mehreren Basen, die verschiedenen Gruppen angehören.
Erste Gattung. Natron- und Kali-Kalkglas.
Zweite Gattung. Blei- Kali- Glas.

Dritte Klasse.

Gefärbte und getrübte Gläser.
Erste Gattung. Farbige Gläser; nach ihren Hauptfarben, in eben so viele Arten.
Zweite Gattung. Trübe Gläser; erste Art Email; zweite Art Milchglas; dritte Art Alabasterglas.

Von theoretischem Standpunkte aus lässt sich gegen eine solche Einteilung sicher nichts einwenden, allein dem praktischen Zwecke empfiehlt sie sich nicht, weil sie Produkte miteinander vereinigt, die sowohl rücksichtlich der Art ihrer Darstellung, als auch ihrer technischen Bestimmung weit auseinander liegen.

Dem technischen Betriebe sich mehr anschliessend ist die Einteilung von Knapp: in zwei grosse Klassen.

I. Bleifreie Gläser.
II. Bleihaltige Gläser.

In die erstere gehören:

A. Hohlglas, mit seinen Unterabteilungen:
- *a)* Gemeines Flaschenglas, aus Kieselsäure, Kali oder Natron, Kalk, Thonerde und Eisenoxyd bestehend.
- *b)* Glas zu den Arzneiflaschen, aus denselben Bestandteilen, doch meistens ohne Kali und mit nur wenig Thonerde und Eisenoxydul.
- *c)* Weisses Hohlglas, zu Flaschen, Trinkgläsern, Röhren etc. aus Kieselsäure, Natron oder Kali und Kalk.

B. Fensterglas, aus Kieselsäure, Kali oder Natron, Kalk und Thonerde.

C. Spiegelglas, aus Kieselsäure Kali oder Natron, Kalk und wenig Thonerde. Nur durch grössere Reinheit und Farblosigkeit von dem vorigen verschieden.

In die andere Klasse kommen:

D. Kristallglas, zu geschliffenen Gläsern aus Kieselsäure, Kali und Bleioxyd.

E. Flintglas (die Masse der optischen Gläser), aus Kieselsäure oder Borsäure, Kali und mehr Blei als das vorige.

F. Flintglas, Masse der nachgeahmten Edelsteine, aus Kieselsäure, Kali mit dem höchsten Bleigehalte, durch Metalloxyde verschiedenartig gefärbt. Aehnlicher Art sind die hierher zu zählenden Farben der Glas- und Porzellanmaler, nämlich leichtflüssige, blei- und borsäurehaltige Glasflüsse, denen beliebige Färbung erteilt wird.

G. Email, aus Kieselsäure, Natron und Bleioxyd, durch Zinnoxyd oder Antimonoxyd undurchsichtig gemacht.

Mit Rücksicht auf die Qualität pflegt man schon lange das Glas einzuteilen, in

1. Kristall (Kali- und Bleikristall).
2. Spiegelglas.
3. Weissglas (oder weisses und halbweisses).
4. Grünglas.
5. Optisches Glas.
6. Strass.
7. Email.
8. Farbige Glässer.

Mit Rücksicht auf die Formgebung und Vollendung lässt es sich nach Stein*) einteilen in

1. Hohlglas.
2. Flaches oder Tafelglas.
3. Massives Glas.
4. Optisches Glas.
5. Glasfäden, Glasstäbe, Glasröhren.
6. Kunstgläser.

Zum Hohlglase rechnet man Trinkgläser, Flaschen, Arzneiglas, chemische Apparate und Wirtschaftsgeräte aus weissem und halbweissem Glase. Es wird in sehr verschiedenen Qualitäten dargestellt, zu den feinsten findet namentlich der Kristall Anwendung, wonach man auch Hohlglas aus Kristall, welches, da diese Gegenstände grösstenteils durch Schleifen und Polieren dekoriert werden, auch „Schleifglas" genannt wird, und Hohlglas aus weissem, halbweissem und grünem Glase, unterscheidet.

Das flache oder Tafelglas begreift das gewöhnliche Scheibenglas, das Kronglas und Spiegelglas.

Unter massivem Glase begreift man die Gegenstände, welche, ohne Kunstgläser zu sein, entweder keine, oder nur eine verhältnismässig sehr kleine Oeffnung haben, wie Leuchter, Messerbänkchen, Prismen für Kronleuchter, Möbel und dergl. Zu ihrer Herstellung wird in der Regel Kristall oder nur farbiges Glas benutzt.

---

*) Steins Glasfabrikation, Seite 27.

Als Kunstgläser betrachtet Stein alle Gegenstände, zu deren Herstellung eine über die gewöhnliche sich erhebende Kunstfertigkeit gehört, als:

a) Inkrustationen,
b) Eisglas,
c) Spitzen-, Band- und Fadenglas *(Petinet, verre filigrané),*
d) retikuliertes Glas *(Vitro di Trino, verre filigrané),*
e) Millefioriglas (Mosaikglas) und
f) Glasperlen.

Eine lediglich an den Gang der Fabrikation sich anschliessende und daher sehr übersichtliche Einteilung der Gläser hat Benrath seinem Handbuche der Glasfabrikation zu Grunde gelegt. Nach derselben zerfallen die Gläser in:

I. Glas, das rasch erkaltet, einer formgebenden Behandlung überhaupt nicht unterliegt.
Wasserglas, Schmalte.

II. Glas, dessen mechanische Bearbeitung erst nach vorhergegangenem langsamen, völligen Erstarren beginnt.
Optisches Glas. Künstliche Steine und Flüsse.

III. Glas, das mässig abgekühlt in noch halbflüssigem, zähem Zustande geformt wird.
Grünglas- oder Bouteillenfabrikation.
Fabrikation halbweissen Hohlglases.
Weisshohlglas oder Becherfabrikation.
Getrübtes und farbiges Becherglas. Milchglas.
Kryolithglas. Farbiges Glas.
Die Fabrikation des Bleikristalls.
Röhren-, Perlen-, Stabfabrikation.
Tafelglasfabrikation.

IV. Glas, bei dessen Formung der in hoher Temperatur flüssige Zustand der Masse benutzt wird.
Gewalztes Glas.
Gepresstes Glas.

Es gibt, wie schon bemerkt, noch andere Einteilungsweisen des Glases, wir werden jedoch in dem vorliegenden Werke die von Knapp aufgestellte wählen. Sie gründet sich wesentlich auf die Spaltung der Glasfabrikation in verschiedene Zweige, wie sie sich im Verlauf der Zeiten vollzogen, während die Uebersichtlichkeit durch die Trennung in bleifreie und bleihaltige Gläser nur gewonnen hat.

Analyse des Glases.

Es dürfte zu den grössten Seltenheiten gehören, dass Untersuchungen von Glas seitens der Glasfabrikanten selbst vorgenommen würden, sowie es anderseits keinem Zweifel unterliegt, dass durch solche Untersuchungen der rationelle Betrieb der Glasfabrikation in hohem Grade würde gefördert worden sein. Obgleich diese Analysen, die zum Zweck haben, auf deren Resultate gestützt die Zusammensetzung eines Glassatzes zu verbessern, viel Zeit in Anspruch nehmen, so gelangt man mittels derselben doch noch weit schneller und mit

weit geringeren Kosten zum Ziele, als wenn man, von wenig klaren Vorstellungen ausgehend, zur Verbesserung des Glassatzes die Menge bald dieses, bald jenes Stoffes abändert. In der That würde es auch schwierig sein, ohne weiteres zu entscheiden, ob die zu grosse Schwerschmelzbarkeit eines Glases von einem zu grossen Kieselsäure-, Kalk- oder Thonerdegehalt, ob die Eigenschaft leicht zu erblinden von einer zu grossen Menge Kalk oder Alkali abhänge?

Die Analyse des Glases ist die eines Alkali-Erdsilikats oder Alkali-Bleisilikats, denen zuweilen noch andere Stoffe, teils absichtlich, teils zufällig beigemengt sind, und handelt es sich hierbei um die Gewichtsbestimmung jeder einzelnen dieser Substanzen in einem bestimmten Gewicht Glas.

Gewöhnlich schliesst man die Silikate dadurch auf, dass man sie fein gepulvert, aufs innigste mit dem 4 bis 6 fachen ihres Gewichts einfach kohlensauren Natrons anhaltend brennt oder glüht. Wenn jedoch, wie beim Glase, Alkalien vorhanden sind, dann ist dieser Weg allein nicht ausreichend und man wendet alsdann statt des kohlensauren Natrons kohlensauren Baryt an. Ist auch Baryt im Glase zu vermuten, oder macht derselbe geradezu einen Bestandteil des Satzes aus, so muss man zwei Aufschliessungen vornehmen und den Baryt in der mit kohlensaurem Natron geglühten Masse besonders bestimmen.

Man verwandelt daher zunächst das Glas in einem Achatmörser in ein feines Pulver, trocknet dieses bei 100^0, wägt davon einen bestimmten Teil (etwa 5 g) ab und mengt es mit der nötigen Menge kohlensauren Natrons oder kohlensauren Baryts. Das Gemenge füllt man in einen Platintiegel, spült den Mörser mit etwas kohlensaurem Baryt nach und fügt es zu dem Uebrigen. Nachdem man den Platintiegel bedeckt hat, bringt man ihn auf einer Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge zum lebhaften Glühen und erhält ihn darin etwa $^3/_4$ bis 1 Stunde. Die Masse kommt hierbei nicht zum Fluss, sondern sintert nur leicht zusammen und lässt sich bequem aus dem Tiegel entfernen. Man entleert diesen in eine geräumige Porzellanschale, übergiesst hier die Masse mit etwas destilliertem Wasser, spült auch den Tiegel mit salzsäurehaltigem Wasser aus und vereinigt alles miteinander. Nun fügt man mit der Vorsicht, dass durch das Spritzen, von entwickelter Kohlensäure herrührend, kein Substanzverlust herbeigeführt werde, nach und nach, bis zur starksauren Reaktion, Salzsäure hinzu und erwärmt gelinde. Wenn die Aufschliessung vollständig war, so löst sich bis auf die Kieselsäure alles auf; im andern Falle muss das Ungelöste abgeschlemmt, getrocknet und nochmals mit kohlensaurem Baryt geglüht werden. Man dampft alsdann die saure Flüssigkeit im Sandbade zur staubigen Trockne ab, benetzt den Rückstand mit Chlorwasserstoffsäure und behandelt ihn mit destilliertem Wasser, welches nur die Kieselsäure ungelöst zurücklässt, die durch Filtration getrennt und mit Wasser vollständig ausgewaschen wird.

Aus der klaren Lösung scheidet man zunächst mittels Schwefelsäure den Baryt ab. filtriert und versetzt das saure Filtrat mit Ammoniak in Ueberschuss, wodurch die vorhandene Thonerde und Eisenoxyd gefällt werden. Um diese beiden Körper voneinander zu trennen, behandelt man sie in der Wärme mit kaustischer Kalilauge, welche die

Thonerde auflöst und das Eisenoxyd zurücklässt. Letzteres bringt man auf ein Filter, wäscht es hier vollständig aus, trocknet, glüht und wägt es, während man die alkalische Thonerdelösung mit Salzsäure übersättigt und hierauf mit Ammoniak in Ueberschuss versetzt, wodurch Thonerde gefällt wird, die man nach dem Auswaschen ebenfalls trocknet, glüht und wägt. Einfacher ist es, wenn man den Thonerde-Eisenoxydniederschlag wieder in Salzsäure löst, die Lösung in zwei gleiche Raumteile teilt, den einen derselben durch Ammoniak fällt und nach dem Auswaschen, Trocknen, Glühen und Wägen, beide Körper gemeinschaftlich, während man in dem andern Teile der Lösung durch übermangansaures Kali das Eisenoxyd massanalytisch bestimmt. Man umgeht auf diese Weise die Auflösung der Thonerde in Aetzkali und später deren Auswaschen, was immer nur sehr langsam von statten geht.

In der von dem Thonerde-Eisenoxydniederschlag getrennten Flüssigkeit befinden sich die Alkalien, Magnesia, Kalk und, wenn überhaupt solches vorhanden war, Manganoxydul. Letzteres fällt man durch Schwefelammon, trennt dieses durch Filtration und schlägt im Filtrat den Kalk durch oxalsaures Ammoniak nieder, wäscht den Niederschlag aus, trocknet, glüht, wirft einige Körnchen kohlensaures Ammoniak darauf und erhitzt bis dieses verdampft ist; der Rückstand ist kohlensaurer Kalk. Die Flüssigkeit enthält jetzt neben den Ammoniaksalzen die Chlorüre der Alkalien und Magnesia-Bittererde. Die Ammoniaksalze werden durch Glühen verjagt, der Rückstand in Wasser gelöst und die Lösung, ohne filtriert zu werden, mit Barytwasser im Ueberschuss versetzt. Man filtriert, wäscht den Niederschlag aus, löst ihn in verdünnter Schwefelsäure und bestimmt aus der mit Ammoniak versetzten Lösung die Magnesia durch Fällen mit phosphorsaurem Natron. Der ausgewaschene, getrocknete und geglühte Niederschlag ist saure pyrophosphorsaure Magnesia und wird auf reine Magnesia berechnet. Die von der Magnesia abfiltrierte Flüssigkeit enthält jetzt nur noch die Chlorüre von Kali oder Natron oder beide nebeneinander, nebst etwas überschüssigem Baryt. Zur Entfernung des letztern versetzt man die Flüssigkeit mit etwas Ammoniak und kohlensaurem Ammoniak, filtriert, bringt zur Trockne und verjagt durch gelindes Glühen die geringe Menge von Ammoniak. Man wägt den Rückstand und berechnet aus seinem Gewichte die Mengen der vorhandenen Alkalien. Waren Kali und Natron vorhanden, so löst man den Rückstand in Wasser und bestimmt, nach Zusatz von etwas neutralem chromsauren Kali, das vorhandene Chlor massanalytisch durch salpetersaures Silberoxyd. Aus der gefundenen Menge Chlor lassen sich alsdann, nach den respektiven Aequivalenten des Kaliums und Natriums, die vorhandenen Mengen von Kali und Natron berechnen.

Wenn man darauf verzichten will, die Kieselsäure direkt zu bestimmen, so schliesst man das Glas am besten durch Flusssäure auf. Da jedoch die Darstellung von reiner konzentrierter Fluorwasserstoffsäure, hauptsächlich wegen Mangel an geeigneten Apparaten, sehr schwierig und deren Anwendung wegen ihrer zerstörenden Wirkung auf die Haut grosse Vorsicht erfordert, so bedient man sich am besten des von H. Rose angegebenen Verfahrens, bei welchem man statt der Fluorwasserstoffsäure Fluorammonium anwendet, welches, da es ein fe-

stes Salz ist, sich leicht behandeln lässt. Zu dem Zwecke mengt man das zu analysierende Silikat mit dem sechsfachen seines Gewichts Fluorammonium, befeuchtet das Gemenge mit etwas Wasser und erhitzt es in einem Platintiegel so lange, als sich noch weisse Nebel bilden. Den Rückstand behandelt man mit Schwefelsäure, worauf man den Ueberschuss derselben allmählich und zuletzt durch Glühen verjagt. Der Rückstand wird alsdann, wie früher angegeben, weiter behandelt. Bei bleihaltigen Gläsern wendet man statt Salzsäure Salpetersäure an, fällt das Blei als Schwefelblei, verwandelt dieses durch rauchende Salpetersäure in schwefelsaures Bleioxyd, wägt und berechnet daraus das Bleioxyd.

Bei schnell auszuführenden technischen Analysen bleifreier Gläser schmilzt Henrivaux das gepulverte Material mit der $1^1/_2$ bis 2 fachen Menge Mennige im Platintiegel zusammen, bringt den noch warmen Tiegel in mit Salpetersäure angesäuertes kaltes Wasser, dampft die erhaltene Lösung zur Trockne, scheidet die Kieselsäure nach dem Aufnehmen mit angesäuertem Wasser in gewöhnlicher Weise ab, fällt das Blei durch einen Strom Schwefelwasserstoffgas und bestimmt im Filtrat Thonerde, Eisen, Kalk und Alkalien in gewohnter Weise.

Um eine Beschädigung des Tiegels durch metallisches Blei zu verhüten, welches durch Einwirkung der Verbrennungsprodukte der Schmelzlampe auf die Mennige reduziert werden könnte, setzt Henrivaux den Tiegel in den gegen den Tiegeldurchmesser etwas kleinen, kreisrunden Ausschnitt eines Rauschgoldblatts ein, welches letztere dann, allerseits dicht an die Tiegelwand anschliessend, ein Eindringen der reduzierenden Gase in den Tiegel verhindert.

---

*) *Le verre et le cristal, pag. 90.*

Zweites Kapitel.

Die Eigenschaften des Glases.

Zu den wesentlichsten Eigenschaften des Glases gehören: Durchsichtigkeit, vollkommene Klarheit und, bei weissem Glase, vollkommene Farblosigkeit; ausserdem widersteht gutes Glas, bis zu einem gewissen Grade wenigstens, der Einwirkung von Feuchtigkeit bei gewöhnlicher sowohl, wie bei höherer Temperatur. Auch von den Mineralsäuren, mit Ausnahme der Fluorwasserstoffsäure, welche alle Silikate, mit dem Silicium der Kieselsäure sowohl, als auch mit den Basen Fluorverbindungen bildend, zerlegt, wird gut zusammengesetztes Glas wenig angegriffen, während alkalische Laugen je nach ihrer grösseren oder geringeren Konzentration eine mehr oder weniger energische Wirkung auf alle Gläser ausüben, indem sie demselben Kieselsäure entziehen. Es besitzt einen eigentümlichen und lebhaften Glanz und ist je nach seiner Zusammensetzung bei gewöhnlicher Temperatur, bald mehr bald weniger hart, in höherer Temperatur bald mehr bald weniger schmelzbar. Bei Weissglühhitze ist das Glas dünnflüssig und kann gegossen werden; bei Rotglut wird es teigartig und so zähe, dass es bei der Arbeit jede Form annehmen kann; unterhalb anfangender Rotglühhitze verliert es seine Elastizität, gut gekühlt verträgt es, ohne zu bersten, selbst ziemlich plötzliche Temperaturwechsel, und zeigt dann einen so hohen Grad von Elastizität, dass man es zu feinsten Fäden spinnen, und aus diesen biegsame Stoffe weben kann; nicht gekühlt ist es sehr spröde und zerbrechlich. Das Glas ist ein sehr schlechter Wärmeleiter, mit Seide gerieben wird es positiv elektrisch. Seine Kontinuität ist selbst in den dünnsten Schichten eine vollkommene, so dass es weder Flüssigkeiten noch Gasen den Durchgang verstattet. Durch Kristallisation verliert das Glas seine Durchsichtigkeit und Elastizität, es wird opak und entglast sich. Die Entglasung tritt ein, wenn man flüssiges Glas, besonders wenn ihm gepulvertes Glas beigemischt ist, sehr langsam abkühlen lässt; Natronglas wird leichter entglast als Kali- und Bleiglas.

Die Durchsichtigkeit eines Glases wird hauptsächlich bedingt durch eine sorgfältige Auswahl und zweckmässige Vorbereitung der Rohmaterialien, und deren vollkommene und gleichartige Schmelzung, so dass das Ganze eine dünnflüssige Masse bildet. Das Glas darf weder rauchige, neblige oder wolkige Stellen, noch Knoten, Flecken, Blasen, Streifen, Schlüren, Winden und andere ähnliche Mängel zeigen.

Durch eine vollständige Farblosigkeit des Glases wird die Durchsichtigkeit desselben vorzüglich erhöht. Ein vollkommen durchsichtiges und farbloses Glas würde ebenso durchsichtig sein wie die Luft, und sehr dünne Tafeln von gutem Glase kommen diesem Ideale auch ziemlich nahe, in dicken aber bemerkt man ausser einem Farbenstich, auch die Abnahme des Lichts an den hindurchgesehenen Gegenständen. Glastafeln, welche beim Durchsehen, senkrecht auf ihre Oberfläche, ganz farblos erscheinen, zeigen sich deutlich gefärbt, wenn man von einer Kante zur andern durchsieht, oder wenn man mehrere Tafeln aufeinander legt. Zur Beurteilung der relativen Farblosigkeit zweier Glassorten, muss man Stücke von ganz gleichem Durchmesser und womöglich von ganz gleicher Form miteinander vergleichen. Gefässe mit hohlgeschliffenem Boden erscheinen immer weniger gefärbt als solche mit starkem vollem Boden, indem bei letzterm die Glasschicht dicker ist. Die höchst mögliche Farblosigkeit wird nur durch eine sorgfältige Auswahl und Reinigung der Materialien, durch die geringst mögliche Menge von Alkalien und durch die vollkommenste Schmelzung und Vereinigung bei der höchsten Temperatur erreicht.

Die Härte eines Glases, welche hauptsächlich in Beziehung auf seine Dauerhaftigkeit von Wichtigkeit ist, steht mit seiner Zusammensetzung im engsten Zusammenhange. Allgemein lässt sich annehmen, dass die Härte eines Glases gewinnt, je weniger Alkalien es enthält. Natronglas ist in der Regel härter als Kaliglas; Kalk und Thonerde machen das Glas hart, Blei hat die entgegengesetzte Wirkung. Gutes Glas soll in seiner Härte dem Bergkristall nicht viel nachstehen und von diesem nicht leicht und nicht tief geritzt werden. Man prüft zwei Glassorten auf ihre relative Härte, indem man versucht, welche, bei ziemlich gleicher Form des scharfen Randes, die andere ritzt. Die Härte erhöht nicht nur den Glanz, sondern schützt auch, was für seine Durchsichtigkeit von Wichtigkeit ist, die Glätte seiner Oberfläche gegen äussere mechanische Einwirkungen wie: Reiben, Kratzen u. s. w.

Der Glanz des Glases steht nach Pelouze und Baudrimont in geradem Verhältnis zum Aequivalentgewicht der in demselben enthaltenen Basen, sowie zu seinem spezifischen Gewichte, seiner Schmelzbarkeit und seiner lichtbrechenden Kraft. Glas, wie es aus der ersten Darstellung hervorgeht, ist immer glänzender als solches, welches geschliffen und poliert wurde, weil bei der Verarbeitung oberflächlich Alkalien verdampfen und daher die äusseren Glasschichten relativ kalkreicher, glänzender und widerstandsfähiger werden.

Wirkung der Wärme auf Glas; Entglasung.

Zwischen der Weiss- und hellen Rotglühhitze sind alle Gläser schmelzbar; sie verwandeln sich hierbei in ein gleichartiges, durch-

sichtiges und um so dünnflüssigeres Produkt, je höher die Temperatur ist; bei abnehmender Temperatur wird dieses teigig, dann hart und endlich spröde, nachdem es erkaltet ist.

Zuweilen ändert das Glas, wenn es längere Zeit einer höhern Temperatur ausgesetzt wird, bei der es, ohne gerade zu schmelzen, in seiner ganzen Masse erweicht, seinen Zustand; es verliert seine Durchsichtigkeit, wird trübe; es verliert seinen glasigen Bruch und nimmt dafür einen körnigen kristallinischen an; zugleich wird es strengflüssiger, besser leitend für Elektrizität und Wärme, und, infolge des letztern Umstandes, weniger empfindlich gegen plötzlichen Temperaturwechsel. Diese merkwürdige Erscheinung, die unter der Bezeichnung „Entglasung" bekannt ist, wurde zuerst von Reaumur im Jahre 1727 beobachtet und genauer untersucht. Er fand, als er mit einem Gemenge aus feinem Sande und entwässertem Gips gefüllte Gegenstände aus Glas in Kapseln, die mit demselben Gemenge gefüllt waren, 12 Stunden lang der Hitze eines Porzellanofens aussetzte, dieselben in eine undurchsichtige Masse verwandelt, die so hart war, dass sie am Stahle Funken gab, und das Ansehen von weissem Porzellan besass, so dass man seit der Zeit das so behandelte Glas Reaumursches Porzellan genannt hat.

Reaumur und nach ihm noch viele andere bemühten sich, Gegenstände aus entglastem Glase in die Industrie einzuführen; jedoch vergeblich, indem es in der That sehr schwer ist zu verhüten, dass Stücke, lange Zeit hindurch einer so hohen Temperatur ausgesetzt, sich nicht verziehen und ihre Gestalt einbüssen; ein anderes Hindernis findet sich in dem grossen Aufwand an Brennmaterial, den diese Operation erfordert. Unter denen, die sich ausserdem noch mit dem Gegenstande beschäftigten, war es namentlich d'Arcet, welcher aus entglastem Flaschenglase Tafeln zum Belegen der Fussböden der Zimmer, chemische Apparate, Steine zu Mosaikarbeiten und dergl. anfertigte.

Alle Glassorten können, den Angaben Pelouze's zufolge, devitrifiziert werden; selbst der Bleikristall erleidet diese Umänderung, obgleich weit schwieriger als die andern Gläser; sein Bruch ist nicht faserig, sondern glatt. Uebrigens entglast Kaliglas weit weniger leicht, als Natronglas. Kieselsaures Natron von der Zusammensetzung $2NaO9SiO_2$ ist dasjenige, welches sich am leichtesten devitrifiziert; schon die gewöhnliche Abkühlung genügt, um es opalisierend zu machen.

Am leichtesten lässt sich devitrifiziertes Glas erhalten, wenn man Fenster- oder noch besser Spiegelglas einem andauernden Erweichen unterwirft; je nach der Zusammensetzung des Glases und der Höhe der Temperatur ist die Entglasung binnen 24 und 48 Stunden eingetreten. Die Glastafel gleicht jetzt einem Stück Porzellan, von dem sie sich aber durch den Bruch unterscheidet; man sieht, dass sie aus zarten, parallel und dicht aneinander liegenden Nadeln besteht, die senkrecht gegen die Oberfläche des Glases gerichtet sind. Zieht man die Glastafel, bevor noch die Entglasung vollkommen vor sich gegangen ist, aus dem Ofen, so gewahrt man, dass die Kristallisation an den beiden Flächen beginnt und sich von da allmählich bis in die Mitte der Platte fortpflanzt, so dass noch eine Schicht durchsichtigen Glases in der Mitte der Platte verbleibt; innerhalb dieser Schicht, oder auf der Linie,

wo die Kristalle sich vereinigen, bemerkt man häufig sternförmige Kristallisationen. In manchen Fällen, wenn auch selten, verschwindet die faserige Textur und das entglaste Glas besitzt alsdann das Ansehen eines schönen weissen Marmors; bisweilen verschwindet auch dieses und an Stelle der Kristalle findet sich eine emailleartige Masse. Wenn man Fensterglas, noch häufiger aber, wenn man grünes Flaschenglas in grössern Massen in Häfen entglast, bilden sich bisweilen grünlichgelbe Nadeln, die bald klein und kurz, bald bis zu 1 cm lang sind, einander stark anhaften, in allen Richtungen verschlungen sind und leere Räume zwischen sich lassen, so dass sie in dieser Gruppierung eine gewisse Aehnlichkeit mit der Schwefelkristallisation zeigen.

Noch leichter und schneller geht die Entglasung vor sich, wenn man der geschmolzenen Glasmasse solche Substanzen zusetzt, welche bei der Schmelztemperatur des Glases nicht flüssig werden können. Als Pelouze in einem Ofen, der nicht ferner benutzt werden sollte, zwei Glashäfen mit geschmolzener Masse stehen liess, und in einen derselben, nachdem das Glas darin soweit erkaltet, dass es nur noch zähflüssig war, etwa 2 Prozent gepulvertes Glas unterrührte, und das Erkalten des Ofens in den Häfen abwartete, fand er nach dem Herausnehmen und Zerschlagen der Häfen in dem einen ein vollkommen klares nur an der Oberfläche etwas devitrifiziertes Glas, während in dem andern Hafen, der den Zusatz von gepulvertem Glase erhalten hatte, das Glas vollständig in eine porzellanartige Masse verwandelt war; ein Zusatz von 1 bis 2 Prozent Sand brachte in der nicht mehr zu heissen Masse dieselbe Umänderung zuwege.

Ueber die Ursachen, welche die Erscheinungen des Entglasens bewirken, ist bis in die neueste Zeit ein reichliches, oft sich widersprechendes Material zusammengetragen worden. Früher glaubte man, dass diese Umwandlung durch Bildung bestimmter Silikate entstehe, die innerhalb der glasigen Masse infolge einer Art von Saigerung vor sich gehe, oder durch Verflüchtigung eines Teiles des Alkalis, oder auch dadurch, dass die Glasmasse einen Teil dieses letztern an die Wände des Hafens abgebe. Mochte man nun das eine oder das andere als Ursache der Entglasung ansehen, so musste man eine gegen die des ursprünglichen durchsichtigen Glases verschiedene Zusammensetzung der entglasten Masse erwarten. Dieser Erwartung entsprachen auch die Resultate der zur Entscheidung der Frage von Kersten und Dumas vorgenommenen Untersuchungen, wobei die Genannten den weissen opaken Teil und die denselben umgebende durchsichtig gebliebene Masse, getrennt voneinander, der Analyse unterwarfen. Der erstere untersuchte ein Glas aus einer Fabrik im Plauenschen Grunde, welches im kristallinischen Teile ein spezifisches Gewicht von 2,77, im amorphen Teile ein spezifisches Gewicht von 2,66 zeigte; der andere eine in der Sammlung der polytechnischen Schule zu Paris befindliche, von dem Boden eines Glashafens losgemachte Glasmasse. Die Oberfläche der letzteren besteht aus einer undurchsichtigen, weissen, kristallinischen Rinde, die aus langen, einige Millimeter dicken Nadeln zusammengesetzt ist; die übrige Masse ist vollkommen durchsichtig, man bemerkt jedoch im Innern eine Menge weisser undurchsichtiger Prismen, ähnlich der äussern Rinde, bald einzeln, bald in Gruppen von zwei, drei, vier vereint, oft

auch zahlreicher und dann Kugelgestalten bildend. Die Analysen ergaben folgende Resultate:

	Kersten		Dumas	
	kristallin. Teil	unkristallin. Teil	kristallin. Teil	unkristallin. Teil
Kieselsäure	58,8	60,39	68,2	64,7
Thonerde	3,3	6,10	4,9	3,5
Kalk	20,2	13,40	12,0	12,0
Eisenoxydul	3,5			
Eisenoxydoxydul		3,10		
Manganoxydul	4,2	2,20		
Magnesia	0,8	0,40		
Kali	2,7	14,41		
Natron	5,5		14,9	19,8

Die vorstehenden Analysen zeigen allerdings im nichtkristallinischen Teile einen bei weitem grössern Alkaligehalt als im kristallinischen, ohne dass indessen hieraus auf einen Verlust an Alkali durch Verflüchtigung geschlossen werden dürfte, da sich nicht einsehen lässt, weshalb der nichtkrystallinische Teil, der doch derselben Temperatur ausgesetzt gewesen ist, nicht ebensoviel Alkali verliere, als der kristallinische. Viel begründeter erscheint die Annahme, dass sich kieselsaure oder auch kalkreichere Silikate ausgeschieden haben, gleichsam eine alkalireichere Mutterlauge zurücklassend. Dies zeigt sich sehr deutlich bei den von Kersten analysierten Proben; hier ist aus dem nichtkristallinischen Teile fast genau soviel Kalk ausgeschieden, als dieselbe an Alkali reicher geworden ist. Hiermit stimmen auch die genauern Versuche von Pelouze, Otto und Splittgerber überein, aus denen hervorgeht, dass beim Entglasen eine nur sehr geringe Gewichsdifferenz stattfindet.

Splittgerber bediente sich bei seinen Arbeiten eines Spiegelglases von folgender Zusammensetzung:

Kieselsäure	61,30
Kali	24,52
Kalk	11,63
Bleioxyd	1,20
Thonerde	1,73

welches in einem Thontiegel mehrmals hintereinander je acht Stunden lang einer beginnenden Rotglut ausgesetzt wurde. Das erste Brennen liess keine Veränderung wahrnehmen; beim zweiten Brennen bemerkte man auf dem ganzen Umfange des Glasstücks bereits eine schwache Entglasung, die bei jeder erneuerten Erhitzung stärker wurde, so dass schliesslich eine völlig undurchsichtige, porzellanähnliche Masse ohne irgend welche kristallinische Struktur resultierte.

Ein Stückchen dieses Glases von 1,236 g hatte nach einem dreimaligen Glühen von je acht Stunden bei starker Rotglühhitze in einem gewogenen Platintiegel 0,005 g, folglich nur 0,4004 Prozent Gewicht verloren. Die vollkommen devitrifizierte Rinde war schwach, allein die Masse durch und durch trübe und der muschelige Bruch verschwun-

den. Bei dieser nichtkristallinischen Entglasung zeigte sich, dass das spezifische Gewicht, welches vor dem Versuche 2,571 war, sich vermindert hatte, und im Mittel von 12 Wägungen nur noch 2,562 betrug. Die Trübung rührte sicher nicht von einer zu geringen Menge Alkali her, indem man vollkommen durchsichtiges Glas von noch geringerem Alkaligehalt darstellen kann; überdies liess sich auch die devitrifizierte Masse ohne neuen Zusatz an Alkali wieder zu einem guten, d. h. durchsichtigen Glase umschmelzen.

Dass die Entglasung nicht durch Verflüchtigung von Alkali herbeigeführt wird, zeigen auch die Arbeiten von Terreil*). Die Analyse 1 ist entglastes Glas, welches sich in den Häfen eines Flaschenglasofens zu Clichy-la-Garonne während dessen langsamen Erkaltens behufs einer Reparatur gebildet hatte; die Analyse 2 ist nichtkristallisiertes Glas aus demselben Satze erblasen, 3 und 4 sind Stücke Glas, die zum Teil entglast (3), zum Teil durchsichtig waren (4).

	1	2	3	4
Kieselsäure	55,85	56,84	63,67	62,40
Kali	0,68	0,40	5,87	5,12
Natron	8,47	8,69		
Kalk	24,14	21,15	18,65	18,14
Magnesia	7,63	6,37	6,12	4,47
Manganoxyd	Spur	Spur	Spur	Spur
Thonerde	2,22	3,64	4,49	7,21
Eisenoxyd	1,06	2,59	0,71	2,66
Spezifisches Gewicht	2,824	2,724	2,857	2,610

Der übrigens schon von Dumas als Ergebnis seiner Untersuchungen befürworteten Ausscheidung höher silicierter Verbindungen trat Pelouze mit der Behauptung entgegen, dass die Entglasung lediglich auf einem physikalischen Vorgange beruhe, und das entglaste Glas genau dieselbe Zusammensetzung habe, wie das durchsichtige Glas, aus welchem es hervorgegangen ist, ebenso wie sich der Gerstenzucker vom kristallisierten Zucker nur durch eine verschiedene Anordnung der Moleküle unterscheidet. Indessen erscheint der von ihm als Beweis angeführte Umstand, dass ein Stück Spiegelglas aus der Fabrik von St. Gobain, 24 bis 48 Stunden auf der Sohle eines Kühlofens erhitzt, nicht die geringste Gewichtsveränderung erlitt und wieder geschmolzen, wozu es, entgegen der früheren Annahme, keiner höhern Temperatur als das gewöhnliche Spiegelglas zu bedürfen schien, ein vollkommen durchsichtiges Glas, dessen Zusammensetzung immer dieselbe blieb, lieferte, wenig geeignet, die Resultate der oben angeführten Analysen zu entkräften.

Freilich hatte schon in dem gewöhnlichen, amorphen Glase Leydolt**) Krystalle nachgewiesen und es gelingt dies nach demselben sogar ziemlich leicht, wenn man eine Glasplatte in einer gewissen Neigung in ein Gemenge von gepulvertem Flussspat und Schwefelsäure

---

*) Terreil, Dinglers polyt. Journal, Bd. 148, S. 58.
**) Compt. rend. 34, 565.

stellt, und sie auf diese Weise eine Zeitlang der Einwirkung von Fluorwasserstoffsäure überlässt. Man kann alsdann die Kristalle an der Stelle, welche ausserhalb der Mischung war, beobachten, und es scheint hiernach, als ob ein amorphes Bindemittel zuerst von der Säure zerstört, und die Kristalle blossgelegt würden. Der letztere Umstand liess die Möglichkeit einer Trennung der im entglasten Glase ausgeschiedenen Kristalle von der amorphen Grundmasse auf chemischem Wege möglich erscheinen, während eine mechanische Absonderung beider voneinander vollständig unausführbar ist. Aus diesem Grunde sah sich Benrath*) veranlasst, eine Reihe von Versuchen in der Weise auszuführen, dass er das gepulverte Glas mit einer zur vollständigen Zerlegung desselben ungenügenden Menge wässeriger Fluorwasserstoffsäure behandelte und das Gelöste sowohl, wie das Ungelöste für sich weiter untersuchte. Unter Hinweis auf die von Bischof**) aufgestellte Hypothese, dass in irgend einem feldspatigen Gesteine keine Feldspatkristalle sich vorfinden könnten, welche einer Verbindung von höherer Silicierungsstufe, als derjenigen des Muttergesteins angehörten, fasst Benrath die Ergebnisse seiner Untersuchungen dahin zusammen, dass das Glas bei der Entglasung unter Ausscheidung von feldspatartigen Kristallisationen von der Zusammensetzung des Oligoklas und von kristallisierter Kieselsäure in ein Glas von grösserer Basizität übergehe und hält z. B. ein entglastes Glas, dessen Gesamtzusammensetzung er zu

Kieselsäure	70,2
Kalk	11,5
Thonerde	4,6
Natron	13,4
Schwefelsäure	0,3
	100,0

gefunden, für ein Gemenge aus

Glas von der Sättigung $RO2SiO_2$	66,6
Oligoklas $= 2NaO2Al_2O_39SiO_3$	19,9
Kristallisierte Kieselsäure	12,9
Glaubersalz	0,6
	100,0

Die Frage aber, ob neben den erwähnten Ausscheidungen auch noch solche von der Zusammensetzung der Grundmasse vorhanden sein mögen, lässt Benrath zunächst noch unentschieden; für die Möglichkeit scheinen allerdings ausser den bereits angeführten Angaben von Pelouze noch die Beobachtungen Siegwarts***) und Schwarzs†) zu sprechen. Der letztere fand eine partiell entglaste Glassmasse aus einem Siemenschen Wannenofen, welche wawellitartige Kristallisationen zeigte, in ihren beiden Teilen zusammengesetzt aus

*) Benrath, Glasfabrikation, S. 18.
**) Chemische Geologie 2, 393.
***) Dinglers Journal 205, 55.
†) Dinglers Journal 205, 422.

	Grundmasse	kristallinische Ausscheidungen
Kieselsäure	59,33	58,65
Kalk	14,13	15,18
Magnesia	0,35	0,31
Natron	9,70	9,97
Kali	1,36	1,03
Manganoxydul	6,30	5,68
Eisenoxyd	1,89	2,63
Thonerde	7,69	7,22
	100,75	100,07

Jedenfalls aber fasste schon Benrath*) den Vorgang bei der kristallinischen Entglasung des Glases so auf, dass das letztere in höherer Temperatur mehr Kieselsäure und Thonerde aufgenommen habe, als es in niedrigerer Temperatur, langsam bis zu dieser abgekühlt, zu halten vermöge und vermutet daher in diesem verschiedenen Lösungsvermögen des Glases für fremde Stoffe bei verschiedenen Temperaturen nicht nur die Ursache für die Entglasung, sondern auch für die Bildung jener Gläser, welche wir später unter dem Namen Milchglas, Hämatinon, Aventurin u. s. w. werden kennen lernen. Hiermit stimmen auch frühere und spätere Beobachtungen Ebells überein, welcher zuerst manche auffallende Erscheinung an farbigen Gläsern auf die verschiedenen Löslichkeitsverhältnisse der zur Färbung benutzten Metalle und Metalloxyde zurückführte. Ebenso, wie für die letzteren sei das Glas auch für Schwefelmetalle, für phosphorsauren Kalk, für Kryolith, Kieselsäure u. s. w. ein Lösungsmittel, aus welchem jene Stoffe bei niedrigerer Temperatur kristallinisch sich wieder abscheiden lassen und und zwar, je nach den Abkühlungsbedingungen, entweder in deutlichen Kristallen oder in Gestalt feiner mikroskopischer Nebel. Ebell behauptet sogar, dass die hierbei zurückbleibende glasige Grundmasse ziemlich genau der Formel $2RO5SiO_2$ entsprechend zusammengesetzt sei, so zwar, dass ein mit Kieselsäure bei hoher Temperatur gesättigtes Glas bei langsamer Abkühlung den ganzen Ueberschuss an Kieselsäure über jenes Verhältnis hinaus in Kristallen abscheide. Seine Behauptungen stützt Ebell namentlich auf folgende von ihm bei seinen Untersuchungen gewonnenen Resultate. Sowohl einfache Kaligläser, wie auch Kali-, Kalk- und Kalibarytgläser wurden in geschmolzenem Zustande durch eingetragenen Schwefel nur dann gelb gefärbt, wenn ihr Gehalt an Kieselsäure unter die oben angegebene Sättigungsstufe zurückging. Da aber die Gelbfärbung nur infolge der Bildung von Schwefelalkali eintreten konnte, so musste in diesem Falle hierzu verwendbares freies Alkali in dem Glase vorhanden sein, während bei 5 Atomen Kieselsäure auf 2 Atomen Basen die letzteren vollständig gesättigt waren. Ferner konnte an einem entglasten reinen Kaliglase von höherem Kieselsäuregehalt durch successive Behandlung mit verdünnter Salzsäure und Natriumkarbonat nachgewiesen werden, dass die in amorphem Zustande ausgeschiedene Kieselsäure, welche also nach der Entglasung noch mit der Basis verbunden gewesen war, der Sättigungsstufe

*) Glasfabrikation S. 23.

$2RO5SiO_2$ ziemlich genau entsprach, während der hierbei verbliebene Rückstand an kristallisierter Kieselsäure die bei der Entglasung ausgeschiedene Menge der letzteren repräsentierte.

Freilich sind auch diese Darlegungen Ebells nicht unangefochten geblieben. So wies beispielsweise Schott*) bei der mikroskopischen Untersuchung verschiedener Entglasungsprodukte nach, dass die kristallinischen Ausscheidungen nicht sowohl die Formen des Quarzes, als diejenigen des Wollastonits eines Calciumsilikats zeigten und fand gleichzeitig, entgegen den Angaben Benraths, dass bei der Behandlung mit Flusssäure die kristallisierten Partien stärker angegriffen würden, als die amorphen. Die von Schott auf mikroskopischem Wege erlangten Resultate fanden weitere Bestätigung durch chemische Arbeiten Grögers, welcher**) von einem entglasten Flaschenglase aus den Wannenöfen der österreichischen Glashüttengesellschaft zu Aussig, das aus kristallinischen, radial-faserigen, kugeligen Massen bestand, die einen Durchmesser bis zu 5 cm besassen, mattgrünlich gefärbt und in die tiefgrüne Grundmasse eingelagert waren, die Zusammensetzung des Entglasten (I) und der Grundmasse (II) zu

	I.	II.
Kieselsäure	63,79	64,39
Thonerde	7,73	7,42
Eisenoxydul	1,39	1,39
Manganoxydul	2,49	2,47
Kalk	13,38	12,81
Magnesia	0,61	0,73
Natron	9,76	9,78
Kali	1,52	1,45
	100,67	100,44

ermittelte. Die chemische Zusammensetzung beider Teile zeigte also nur geringe Abweichungen; doch unterschied sich physikalisch das Entglaste durch grössere Härte und geringere Schmelzbarkeit von der Grundmasse. Salzsäure endlich vermochte wohl jenes nicht aber diese zu zerlegen. Das hierbei in Lösung Gegangene bestand aus

Kieselsäure	52,89
Thonerde	1,12
Eisenoxydul	1,16
Manganoxydul	0,27
Kalk	39,30
Magnesia	1,33
Natron	3,57
Kali	0,36
	100,00

während das bei der Zerlegung ungelöst Gebliebene enthielt

*) Dingler 1875, 218, 151.
**) Dingler 142, 297.

Kieselsäure	66,97
Thonerde	9,44
Eisenoxydul	1,88
Manganoxydul	2,60
Kalk	5,83
Magnesia	0,73
Natron	11,27
Kali	0,36
	99,08

Gröger folgert nun hieraus, dass, bedingt durch die Zähflüssigkeit der Massen, beim Entglasen ebensowenig eine Trennung der mikroskopisch kleinen Kristalle von der Mutterlauge stattfinden könne, wie die Mutterlauge selbst mit der übrigen Glasmasse sich zu vermischen vermöge, so dass also der entglaste Teil notwendigerweise in seiner Gesamtheit die Zusammensetzung der nichtentglasten Grundmasse zeigen müssen. Aus der Zerlegbarkeit des Entglasten aber in die oben rücksichtlich ihrer Zusammensetzung näher charakterisierten Komponenten schliesst Gröger, dass die Ausscheidungen aus einem in Salzsäure löslichen Calciummonosilikate beständen, während die Mutterlauge durch ein wesentlich kalkärmeres, durch Salzsäure nicht zerlegbares Glas repräsentiert werde. Hiernach wäre wieder die Entglasung lediglich eine Entmischung, für welche Gröger ein Analogon findet in dem von Pattinson eingeführten Hüttenprozesse, bei welchem aus einer flüssigen Bleisilberlegierung Bleikristalle sich aus einer silberreicheren Mutterlauge abscheiden.

Im Anschlusse an die früheren Mitteilungen Ebells erscheint dessen spätere Angabe, dass mit zunehmendem Kieselsäuregehalt die Entglasbarkeit eines Glases sich nicht vermehre, wenig glaublich, und es ist schon von Benrath darauf aufmerksam gemacht worden, dass eine derartige Erscheinung nur in einer zu kurzen Kristallisationszeit begründet sein könne, welche ihrerseits bedingt sei durch das kurze Zeitintervall zwischen dem dünnflüssigen Zustande und der Erstarrung bei der Abkühlung stark kieselsäurehaltiger Gläser.

Fenster- und gewöhnliches Flaschenglas unterliegen besonders leicht der Entglasung, ein Umstand, der es notwendig macht, diese Art Gläser so schnell wie möglich zu verarbeiten, weil sonst, noch ehe der Bläser die ganze in seinem Hafen befindliche Masse benutzt hat, das Glas einen Teil seiner Durchsichtigkeit einbüsst und flockig wird, wo es dann unmöglich ist, dasselbe zu verarbeiten. Sehr häufig findet man am Boden der Tiegel Teile devitrifizierten Glases, bald als porzellanartige Masse, bald in Gestalt undurchsichtiger, in die Glasmasse eingehüllter Warzen, bald in Gestalt von einzelnen oder zu Sternen vereinigten Prismen. Die **Fig. 1 — 3, Taf. I,** zeigen derartige Ausscheidungen. Sehr deutliche Kristallisationen zeigte ein auf der Flaschenglashütte von Chagot zu Blanzy (Departement der Saone und Loire) in einem Siemenschen Wannenofen vorgekommenes devitrifiziertes Glas*), welches

*) Besprochen von Peligot im Bulletin de la Société d'Encouragement 1874, S. 342.

ches in **Fig. 3a** abgebildet, nach den Winkelmessungen von Des Cloizeaux die Formen des Pyroxans erkennen liess. Nach Peligot war die Zusammensetzung

	I. des unentglasten Glases	II. des entglasten Teils	III. der Mutterlauge
Kieselsäure	62,5	62,3	61,8
Kalkerde	21,3	22,7	21,5
Magnesia	5,6	8,4	5,4
Eisenoxyd	3,0	3,2	3,0
Thonerde	2,1	2,5	2,1
Natron	5,5	0,9	6,2
	100,0	100,0	100,0

und schliesst der Berichterstatter aus dem höhern Magnesiagehalte des entglasten Teils, dass gerade die Magnesia es sei, welche das Glas zum Entglasen disponiere.

Erhärtung und Abkühlung des Glases.

Da das Glas ein schlechter Wärmeleiter und dabei sehr zerbrechlich ist, so zerspringt es unmittelbar, wenn man dasselbe, so lange es noch heiss ist, einer plötzlichen Abkühlung aussetzt. Indem alle Gegenstände von Glas, auf welche Weise sie auch dargestellt sein mögen, das Resultat einer sehr schnellen Arbeit, und durch die umgebende Luft einer plötzlichen Abkühlung ausgesetzt sind, so würden sie in einem solchen Grade zerbrechlich sein, dass man nicht irgend welchen Gebrauch davon machen könnte, wenn man diesen Fehler nicht durch eine nachträgliche Operation, „das Kühlen oder die Kühlung", der alle derartigen Gegenstände unterworfen werden, verbesserte. Zu diesem Zweck bringt man die Stücke, sobald sie fertig und noch rotglühend sind, in einen besonderen, durch die vom Schmelzofen abgehende Wärme oder eine eigene Feuerung erhitzten Raum, um sie möglichst langsam abkühlen zu lassen; zuweilen erhitzt man sie in einem eigenen Ofen nochmals zum Rotglühen, dessen Oeffnungen man sodann verschliesst, wodurch ebenfalls eine langsame Abkühlung bewirkt wird. Das Kühlen ist um so schwieriger, und verlangt um so mehr Sorgfalt, je grösser die Stücke sind und je dickere Wände sie haben. Das so häufige Zerspringen der Lampencylinder, besonders wenn sie zum ersten Male aufgesteckt werden, ist hauptsächlich einem mangelhaften Kühlen zuzuschreiben.

Im Augenblick des Festwerdens eines Stückes Glas von einiger Stärke, erleiden die Teile desselben eine ungleiche Zusammenziehung, die äussern Teile sind schon erstarrt, während der innere Teil noch weich ist; es entsteht hierdurch zwischen den innern und äussern Teilen eine sehr starke Spannung, die sich häufig durch Reissen des Stücks kund gibt, sei es durch Temperaturerniedrigung, sei es durch einen Stoss. Um zu erkennen, wie weit die Läuterung eines Glases, das verarbeitet werden soll, vorgeschritten ist, pflegt man auf den Glashütten kleine Kölbchen mit dicker Wandung zu blasen und sie durch Hin- und Herschwenken möglichst rasch abzukühlen. Diese Stücke, unter

dem Namen Bologneser Flaschen, **Fig. 4, Taf. I,** bekannt, sind so starkwandig, dass sie schon ein ziemlich festes Aufschlagen, auf eine hölzerne Unterlage beispielsweise, gestatten, ohne Schaden zu nehmen, und doch vermag ein hineinfallender kleiner, aber scharfkantiger Feuersteinsplitter sie sofort zu zersprengen; ebenso kann auch ein plötzlicher Temperaturwechsel ihr Zerspringen veranlassen, besonders wenn sie eben angefertigt worden waren. Etwas Aehnliches bemerkt man zuweilen noch bei schlecht gekühlten Flaschen, die zerspringen, sobald man, um sie zu reinigen, Quarzsand hineinthut. Am meisten tritt diese durch plötzliche Abkühlung entstandene Zerbrechlichkeit des Glases bei den sogenannten Glasthränen, **Fig. 5, Taf. I,** hervor. Es sind dies einerseits in einen Faden ausgezogene Tropfen von Glas, die auf die Weise erhalten werden, dass man ganz dünnflüssiges Glas in ein Gefäss mit kaltem Wasser fallen lässt. Der äussere Teil dieser Thränen ist schon erstarrt, während der innere Teil noch rotglühend und daher sehr ausgedehnt ist. Bald sinkt auch im Innern des erstarrten Tropfens die Wärme, die Glasmoleküle müssen dabei dem allgemeinen Gesetze der Kontraktion folgen, sie sind aber darin behindert, weil die äusserste Schicht des Glases schon das Maximum der Zusammenziehung erlitten hat und daher dem übrigen Teile nicht mehr folgen kann. Es entsteht dadurch eine grosse Spannung, weil jedes einzelne kleinste Glasteilchen im Innern die äussere unbewegliche Hülle an sich zu ziehen bestrebt ist. Wird nun der zwischen allen Teilen des Glases bestehende Zusammenhang aufgehoben, indem man das Glas auf irgend einer Stelle ritzt, oder die Spitze abbricht, so trennen sich sämtliche Teile mit einer schwachen Detonation und zerfallen zu einem feinen Pulver.

De Luynes zeigte übrigens, dass die Stabilität der Glasthränen nicht durch das Entfernen der Spitze an und für sich aufgehoben werde, sondern dass vielmehr das Aufheben des Zusammenhangs zwischen den Glasteilchen an einer ganz bestimmten Stelle, da wo der Schwanz der Thräne in den Kopf derselben übergehe, stattfinden müsse, um die Zertrümmerung herbeizuführen. Durch allmähliches Einsenken der Thräne mit ihrer Spitze in Fluorwasserstoffsäure konnte er nämlich den ganzen Schwanz auflösen, ohne dass ein Zertrümmern der Thräne eintrat; wenn aber im weiteren Verfolg dieses Experiments die erwähnte Stelle angeätzt wurde, so zerfiel der Kopf sofort in Staub. Ebenso löste beim Eintauchen des Kopfs in die Säure diese letztere die einzelnen Lagen des Glases, ohne dass dadurch der Zusammenhang des Restes gestört wurde. Demzufolge erklärt De Luynes die Konstitution der Thränen dahin, dass dieselben gebildet würden durch eine Anzahl ineinander geschachtelter Glashüllen, deren jede durch die unterliegende gehindert werde, der infolge der Abkühlung auf sie wirkenden Kontraktion Folge zu leisten und weist dabei auf die Aehnlichkeit eines Systems ineinander geschachtelter, gespannter, mit ihren Oeffnungen fest untereinander verbundener Gummiblasen hin, von welchem man, ohne dem Bestande des Ganzen zu schaden, von aussen nach innen fortschreitend, die einzelnen Hüllen entfernen könne, während beim Durchschneiden der Vereinigungsstelle, plötzlich alles auseinanderfahren würde. Das Abbrechen des Schwanzendes kann hiernach nur insofern zur Zertrümmerung der Thräne selbst führen, als die damit verbundene

heftige Erschütterung bis zu dem Thränenhalse, hier den Zusammenhang störend, sich fortpflanzt.

Wenn man eine Glasthräne bis etwas über die Hälfte ihrer Dicke in Gips einbettet und sodann durch Abbrechen der Spitze oder durch einen mittels eines dünnen Eisendrahts und feinen Schmirgels durch ihren Körper geführten Schnitt sie zum Explodieren bringt, so verhindert der Gips das Umherschleudern der Bruchstücke; die letzteren bleiben vielmehr in ihrer ursprünglichen Lage und die Thräne zeigt dann das Aussehen von **Fig. 5a, Taf. I.** Durch sorgfältiges Auseinanderlegen der Teilchen findet man dann die Anordnung derselben, wenn die Zertrümmerung von der Spitze aus erfolgte, wie **Fig. 5b, Taf. I,** sie vorführt, d. h. es verlaufen die Absonderungsflächen nicht vertikal gegen die Achse der Thräne, sondern geneigt gegen dieselbe, so dass das Hanfwerk zu lauter ineinander gekapselten, mit ihrer Spitze dem Thränenende zugerichteten Kegeln angeordnet erscheint. Es haben sich in diesem Falle im Augenblick der Gleichgewichtsstörung, in welchem die einzelnen Schichten, frei werdend, der Kontraktion folgen konnten, diese, und zwar entsprechend der schnelleren oder langsameren Kühlung die äusseren mehr, die inneren weniger, nach dem Kopfende zu zusammengezogen. Erfolgt dagegen nach **Fig. 5c, Taf. I,** die Zertrümmerung durch einen Mittelschnitt, so ziehen sich die Hüllen nach beiden Seiten hin zusammen und es sind daher auch die Kegel zu beiden Seiten der Schnittlinie mit ihren Spitzen dieser letztern zugewendet.

Denkt man sich eine erweichte Glasmasse von ihrer Oberfläche aus schnell erkalten, so werden, wie schon hervorgehoben, die äussersten Partien zunächst erstarren, eine feste Gestalt annehmen, während die inneren bei fortschreitender Abkühlung der hiermit verbundenen Zusammenziehung zu folgen bestrebt sind. Indem die bereits erstarrten äusseren Partien diesem Bestreben entgegenwirken, üben sie gewissermassen auf die inneren eine ausdehnende Zugwirkung aus, während in notwendiger Reciprozität diese auf jene in gewissem Sinne zusammendrückend wirken müssen. Ist nun von zwei gleich langen und starken Glasstäben der eine langsam, der andere schnell gekühlt, so sind die Teilchen des ersteren keiner Spannung ausgesetzt, wohingegen die Oberflächenteilchen des zweiten gewissermassen einer Zusammenpressung unterliegen. Denkt man sich nun beide Stäbe mit ihren Enden frei aufliegend und in ihrer Mitte mit gleichen Gewichten belastet, so werden infolge der Durchbiegung bei beiden die Teilchen der untern Fläche auseinander gezogen, während oben dieselben gegeneinander gedrückt werden. Ein Zerbrechen der Stäbe wird eintreten, entweder wenn unten die Teilchen voneinander sich entfernen, d. h. wenn hier die Schichten zerreissen oder wenn sie oben aneinander sich verschieben, d. h. wenn die Schichten zerdrückt werden.

Bei dem schnell gekühlten Stabe addiert sich nun zu diesem Druck noch die Abkühlungsdruckspannung und es würde daher dieser letztere leichter zerbrechen, als der langsam gekühlte, wenn nicht die Widerstandsfähigkeit des Glases gegen Druck, d. h. seine Druckfestigkeit sehr gross und im Verhältnis zu ihr die Abkühlungsdruckspannung sehr klein wäre. Die Trennung der untern Teilchen aber wirkt die Abkühlungsdruckspannung bei dem schnell gekühlten Stabe gerade ent-

gegen und da die Widerstandsfähigkeit des Glases gegen Zug, d. h. seine Zugfestigkeit bedeutend kleiner, als die Druckfestigkeit, ihr gegenüber demnach die Abkühlungsdruckspannung verhältnismässig gross ist, so wird der schnell gekühlte Stab eine grössere Belastung zu tragen vermögen, ohne zu brechen, als der langsam gekühlte, d. h. es ist die Festigkeit des schnell gekühlten Glases grösser, als die des langsam gekühlten.

Dementsprechend fand Schott*) für in verschiedener Weise gekühlte Gläser die nachstehenden Bruchwiderstände der untersten Schicht.

Art der Kühlung	Nummer des Versuchs	Bruchwiderstand Kilogramm pro □mm	Bemerkungen
Im Kühlofen gekühltes Glas	1	5,87	Ebene Bruchfläche.
	2	5,68	„ „
	3	4,69	„ „
In der Luft ohne Vorsicht gekühltes Glas	1	12,66	Beim Bruch sprang aus der Oberseite der Stäbe ein Keil heraus von 80 mm Länge
	2	9,52	150 mm
	3	9,9	80 mm
	4	7,22	20 mm
Schnell gekühlt auf 100° von			
a) schwacher Rotglut	1	36,81	Die Proben zeigten zahlreiche Längsrisse.
	2	32,47	
b) mittlerer Rotglut	1	17,98	Während des Versuchs sprangen fortwährend kleine Splitter v. d. Stäben.
	2	20,51	
c) heller Rotglut	1	54,22	Lebhafte Detonation beim Bruch.
Schnell gekühlt auf 120° von			
a) schwacher Rotglut	1	21,58	
	2	96,24	
	3	23,65	Ausnahmsweise starke Aussplitterungen.
	4	12,03	
b) mittlerer Rotglut	1	31,97	
	2	32,83	
c) heller Rotglut	1	32,49	Tadellose Stäbe.
	2	29,68	
	3	36,03	
Schnell gekühlt auf 140° von			
a) schwacher Rotglut	1	30,13	Abspringen von Splittern während des Versuchs. Fehlerhafte Stäbe.
	2	11,82	
b) mittlerer Rotglut	1	41,6	
c) heller Rotglut	1	36,33	
Schnell gekühlt auf 180° von			
a) schwacher Rotglut	1	23,85	
b) mittlerer Rotglut	1	16,66	
c) heller Rotglut	1	38,72	

*) Verhandl. des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleisses 1879, 273.

Berücksichtigt man, dass die Bruchfestigkeit des Gusseisens 29 kg pro Quadratmillimeter beträgt, so zeigen diese Versuche, dass die Bruchfestigkeit des Glases durch Spannungen infolge schneller Kühlung durchschnittlich höher werden kann, als die des Gusseisen. Solchem Glase hat man den Namen Hartglas, elastisches oder Vulkanglas gegeben.

War das Glas nicht gekühlt, so trennt man es leicht, indem man es einem plötzlichen Temperaturwechsel aussetzt. Von dieser Eigenschaft machen die Glasbläser in jedem Augenblick Gebrauch, um die geblasenen Gegenstände von ihrer Pfeife zu trennen, den Glascylinder abzusprengen, oder das Glas von ihren Werkzeugen u. s. w. abzulösen. Hierzu hat man nur nötig das Glas auf der Stelle, wo es abgetrennt werden soll, mit einem Stück kalten Eisens zu berühren. Will man gekühltes Glas absprengen, so leitet man einen bereits vorhandenen Riss oder mit einer Feile an einem bestimmten Punkte gemachten Einschnitt mit einem glühend gemachten Eisen oder noch besser mit der in Brand gesetzten Spitze einer sogenannten Sprengkohle*) weiter. Man kann auf diese Weise ein Weinglas in spiralförmige Streifen trennen, so dass es sich bei einiger Vorsicht auseinander ziehen lässt, ohne zu zerbrechen, und sich dann, vermöge seiner Elastizität wieder zusammenzieht.

Wirkung des Wassers auf das Glas.

Alle Gläser sind Gemenge oder chemische Verbindungen von wenigstens zwei Silikaten, einem alkalischen und einem Erd- oder Bleisilikat. Ersteres würde für sich allein mehr oder weniger auflöslich sein und vom Wasser angegriffen werden; mit einem der andern vergesellschaftet löst es sich nur insoweit auf, als es in Ueberschuss oder vorwaltender Menge vorhanden ist.

Alles gegenwärtig fabrizierte Glas widersteht der Einwirkung von kaltem Wasser. Dem war jedoch nicht immer so, und es war vormals nicht selten, Trinkgläsern zu begegnen, die infolge von aus der Luft aufgenommener Feuchtigkeit blind geworden waren, und in denen sich im Verlaufe der Zeit sogar eine konzentrierte Lösung von kohlensaurem Kali bildete, ein Salz, welches bekanntlich mit grosser Begierde Wasser anzieht und zerfliesst. Diese Gläser waren Produkte einer fehlerhaften Fabrikation, bei welcher man, um Brennmaterial zu erspa-

*) Nach einer Vorschrift von Gahn bereitet man diese Sprengkohlen, indem man

5 Teile arabisches Gummi in 8 Teilen Wasser,
2 „ Tragantgummi in 12 „ „
1 „ Storax in 3½ „ Alkohol,
1 „ Benzoe in 2 „ Alkohol gelöst mit
12 — 14 „ feingepulverter Holzkohle zu einer plastischen Masse

anstösst, daraus federkieldicke Cylinder formt, und diese bei sehr gelinder Wärme erst in der Luft, dann auf einer warmen Eisenplatte vollkommen austrocknet. In der Luft verbrennt diese Kohle sehr langsam, sobald sie aber an der brennenden Stelle angeblasen wird, entwickelt sie eine intensive Hitze und bildet stets eine glühende, kegelförmige Spitze. Statt der Sprengkohle kann man sich auch kleiner Holzstäbchen bedienen, die man mit einer Auflösung von salpetersaurem Bleioxyd oder salpetersaurem Kali kocht und alsdann trocknet.

ren, oder um die Arbeit zu beschleunigen und sich zu erleichtern, als Flussmittel eine übertrieben grosse Menge Alkali angewendet hatte.

Die meisten, aus früherer Zeit herrührenden Gegenstände von Glas haben infolge der Einwirkung der Feuchtigkeit eine sehr wesentliche Veränderung erlitten. Die Thränenkrüge, Flaschen, die Urnen, überhaupt alle antiken Fläser, die man in den Gräbern der alten Römer und Gallier findet, zeigen ein irisirendes, schillerndes, perlmutterartiges Ansehen, mit zuweilen sehr glänzendem Reflex gleich den Flügeln einiger Schmetterlingsarten. Dieselbe Erscheinung zeigt sich bei Glas von neuerer Fabrikation an den Fensterscheiben von Stallungen, überhaupt solcher Lokalitäten, welche anhaltend der Feuchtigkeit und einer gewissen höheren Temperatur ausgesetzt sind. Die irisierenden Schüppchen, welche sich durch schwaches Reiben leicht ablösen, sind ein Gemenge von Kieselsäure und Erdsilikaten; das Alkalisilikat ist verschwunden. Diese Spaltung ist dieselbe, wie die, die der Feldspat, ein Kali-Thonerdesilikat, bei seiner Umwandlung in Kaolin erleidet.

Die für optische Zwecke dargestellten Gläser, wie das Flint- und das Crownglas, die ganz besonders durchsichtig und klar sein müssen, enthalten sehr oft eine grosse Menge Alkali, infolgedessen sie an der Oberfläche feucht werden und ihren Glanz verlieren. Scheiben aus Crownglas backen, wenn sie übereinander aufgeschichtet werden, zuweilen, infolge des Natronsilikats, welches Feuchtigkeit aus der Luft anzieht und das Aneinanderhaften der Scheiben bedingt, zu einem Stücke zusammen.

In demselben Masse ist auch das Spiegelglas dieser Zerstörungsursache unterworfen. Früher kam im Handel viel Spiegelglas vor, welches sich mit kleinen Krystallen von kohlensaurem Natron bedeckte und beständig schwitzte. Die englischen Spiegelgläser auf der Londoner Ausstellung 1854 zeigten diese Fehler in hohem Grade, obgleich man sich viele Mühe gab dieselben durch häufiges Putzen glänzend zu erhalten, und noch heute findet man häufig Spiegel, auf denen ein angefeuchteter Streifen roten Lackmuspapiers sich bläut.

Wie gründlich die Zersetzung eines Glases sein kann, welches lange Zeit der Einwirkung von Luft und Feuchtigkeit ausgesetzt blieb, zeigt die von Geuther*) ausgeführte Untersuchung eines antiken Gefässes von ziemlich weissem Glase, welches 1819 in der Nähe des Grabmals der Cäcilia Metella aufgefunden wurde. Aeusserlich war die Glasmasse mit einer zersetzten undurchsichtigen Rinde umgeben, im Innern aber vollkommen glasig geblieben. Folgendes sind die hierbei erhaltenen Resultate.

	Rinde	Glasmasse
Kieselsäure	48,8	59,2
Kali	—	3,0
Natron	—	21,7
Kalk	11,3	7,0
Magnesia	6,8	1,0
Manganoxydul	Spur	Spur

*) Wagners Jahresbericht 1856, S. 166.

	Rinde	Glasmasse
Thonerde	3,4	5,6
Eisenoxydul	11,3	2,5
Wasser	19,3	—

Man sieht auf den ersten Blick, dass dieses Glas durch die Einwirkung von Feuchtigkeit im Verlauf der Zeit seinen gesamten Alkaligehalt verloren, und sich in ein wasserhaltiges Silikat verwandelt hat; der hohe prozentale Gehalt der Rinde an Kalk, Magnesia und Eisenoxydul wird sich nur unter der Annahme einer stattgefundenen Infiltration aus dem umgebenden Erdreiche erklären lassen.

Wenn auch für gewöhnlich die Gläser erst nach längerer Zeit blind werden, so tritt doch diese Erscheinung bei manchen derselben, wenn sie schwach erwärmt werden, fast augenblicklich ein. So beobachteten Vogel und Reischauer an scheinbar ganz tadellosen Gläsern, die zu Linsen geschliffen waren, bei schwachem Erwärmen ein Erblinden der Oberfläche und Abblättern von kleinen Lamellen. Die Ursache hiervon erkannten sie in der Bildung eines wasserhaltigen Silikats, welches sich beim Erwärmen in Schüppchen, die 12 Prozent Wasser enthielten, ablöste, aber bei gewöhnlicher Temperatur das Ansehen des Glases nicht veränderte. Die Untersuchung von noch drei anderen Glassorten, die dasselbe Verhalten zeigten, ergab, dass diese sämtlich fast reine Kaligläser waren, woraus die genannten Chemiker folgern, dass die reinen Kaligläser vorzugsweise die Eigenschaft besitzen, durch Wasseraufnahme ein von der Grundmasse in der Zusammensetzung abweichendes Silikat zu bilden und hierdurch eine Veränderung zu erleiden, die unter gewöhnlichen Verhältnissen für das Auge nicht wahrnehmbar ist, beim Erwärmen aber zum Vorschein kommt.

Die Zusammensetzung der untersuchten Gläser war:

Kieselsäure	65,16	64,04	66,47
Kali	22,31	20,64	16,79
Natron	2,47	4,94	5,61
Kalk	4,69	7,80	5,60
Magnesia	Spur	Spur	—
Manganoxydul	Spur	Spur	—
Thonerde, Eisenoxydul	3,39	1,69	3,10

Weber nimmt allgemein an, dass die Eigenschaft der Gläser, rasch zu erblinden, d. h. bald durch die Feuchtigkeit der Luft angegriffen zu werden, auf ihrer fehlerhaften Zusammensetzung resp. auf einem zu grossen Alkali- zum Teil auch Kalkgehalt beruhe. Ob ein Glas mit diesem Fehler behaftet sei, lässt sich leicht prüfen, indem man dasselbe unter einer Glasglocke 24 Stunden lang den Dämpfen von konzentrierter Salzsäure aussetzt, und dann in einem vor Staub und Ammoniakdämpfen völlig verwahrten Schrank 24 Stunden trocknen lässt. Wenn sich hiernach bei durchfallendem Lichte ein weisser Staub zeigt, der sich leicht abwischen lässt, so ist das Glas verwerflich. Noch genauer ist die Prüfung, wenn man das Glas bei schrägeinfallendem Lichte betrachtet, nachdem man mit einer abgerundeten Messerschärfe einen Strich darüber geführt hat; hierdurch wird auch die leichteste Korrosion, die jenes durch die Salzsäure etwa erfahren hat, wahrnehmbar.

Als das Resultat fortgesetzter Arbeiten Webers lässt sich indessen ansehen, dass ein im Verhältnis zur Menge der Basen (Alkali und Kalk) bedeutender Gehalt an Kieselsäure allein die Widerstandsfähigkeit des Glases gegen die Einwirkung der Atmosphärilien nicht bedinge, dass vielmehr auch das Verhältnis des Alkalis zum Kalk in dieser Beziehung von grosser Wichtigkeit sei. Während einerseits bewährte Gläser als aus 6 Aequivalenten Kieselsäure auf 1 Aequivalent Alkali und 1 Aequival. Kalk ($6SiO_2\ KaO\ CaO$ resp. $6SiO_2\ NaOCaO$) bestehend sich erwiesen, kann unbeschadet der Widerstandsfähigkeit der Kieselsäuregehalt sich vermindern, wenn gleichzeitig auch der Kalkgehalt gegen das Alkali sich vermehrt und umgekehrt kann der Kieselsäuregehalt vermehrt werden, bei gleichzeitiger Vermehrung des Alkalis und Verminderung des Kalks*).

Wenn auch kaltes Wasser auf Gegenstände der heutigen Glasfabrikation, wie Flaschen, Karaffen, Trinkgläser und dergl. wenig einwirkt, so verhält sich dies doch anders bei heissem oder kochendem Wasser. Die Glaskolben, in welchen wir in unseren Laboratorien Wasser zum Kochen bringen, verlieren infolge einer partiellen Auflösung des Alkali-Silikats sehr schnell ihre glänzende Oberfläche. Vor etwa 100 Jahren noch behauptete man, Wasser könnte sich in Erde verwandeln, weil man gefunden hatte, dass Wasser, welches längere Zeit in Glasgefässen gekocht worden war, beim Abdampfen einen erdigen Rückstand lieferte. Lavoisier unterwarf ein und dasselbe Wasser in einem Glaskolben mehreren aufeinanderfolgenden Destillationen und Kondensationen und zeigte durch einen Versuch, der nicht weniger als ein Vierteljahr gedauert, dass das Glasgefäss etwa 1 g von seinem Gewichte verloren hatte, und dass der beim Abdampfen des Wassers erhaltene Rückstand infolge der Zersetzung, welche das Glas erlitten hatte, stark alkalisch reagierte. Allein trotz der Fortschritte, die seitdem die Glasfabrikation gemacht hat, würde derselbe Versuch, wenn er heute wiederholt würde, noch dasselbe Resultat geben.

Besonders leicht wird fein gepulvertes Glas von heissem Wasser angegriffen. Als Griffiths fein gepulvertes Kristallglas mehrere Wochen täglich einige Stunden mit kochendem Wasser behandelte, hatte dieses 7 Prozent Kali aus dem Glase aufgenommen. Ein ähnliches Resultat erhielt Pelouze mit in ein feines Pulver verwandeltem weissem Glase, welches in 100 Teilen aus

Kieselsäure	72,00
Natron	12,00
Kalk	15,50
	99,50

bestand; es verlor durch einfaches Auskochen 10 Prozent seines Gewichts. Ein anderes alkalireicheres Glas von der Zusammensetzung:

Kieselsäure	77,3
Natron	16,3
Kalk	6,4
	100,0

*) Vergl. S. 35.

erlitt unter denselben Umständen eine so gründliche Zersetzung, dass 34 Prozent desselben gänzlich zerstört waren. Pelouze erhielt hierbei eine Auflösung von kieselsaurem Natron und ein Gemenge von ungelöster Kieselsäure und unzersetztem Glase.

Bischoff beobachtete, als er aus einer Tubulatretorte von weissem Glase Wasser destillierte, dass alle Stellen, welche den Dämpfen ausgesetzt gewesen, stark angegriffen worden waren, und der Tubulus auf seiner äussern Fläche ganz von gelockten Glasfäden umgeben war.

Bei hoher Temperatur und starkem Druck wird das Glas durch Wasser vollständig zersetzt. Als Daubree wochenlang Wasser oder Wasserdämpfe bei 400° C. auf Glas einwirken liess, so verwandelte es sich in eine weisse, scheinbar kaolinartige, bei genauer Betrachtung indessen fast nur aus kristallinischen Teilen bestehende Masse. In dieser fanden sich viele Kristalle von Quarz sowie dünne spiessige Kristalle, von nahezu der Zusammensetzung des Wollastonits, d. h. neutrale kieselsaure Kalkerde $CaOSiO_2$. Die Flüssigkeit, innerhalb welcher das Glas die Zersetzung erlitten hatte, enthielt $^1/_2$ kieselsaures Natron $2NaOSiO_2$. — Eine ähnliche Zersetzung des Glases durch Wasserdämpfe beobachtete Lensen in dem Manometerrohr eines Dampfkessels, namentlich an der Stelle des Niveaus des Quecksilbers, wo das Glas durch die lange Einwirkung des Wasserdampfs etwa 4 Prozent seines Alkalis verloren hatte.

Alle Arten von Gläsern absorbieren in feingepulvertem Zustande aus der Luft Kohlensäure und brausen auf, wenn sie mit einer Säure in Berührung gebracht werden; alle bläuen als feines Pulver feuchtes gerötetes Lackmuspapier; mit einer Auflösung von schwefelsaurem Kalk gekocht, liefern sie schwefelsaures Natron, welches gelöst bleibt, und kieselsauren Kalk, der sich abscheidet.

Wirkung der Säuren und Alkalien.

Säuren. Die Säuren greifen das Glas mehr oder weniger an, je nachdem dieselben konzentriert oder verdünnt, und je nachdem das Glas einen grössern Gehalt an Basen, Kali, Natron, Kalk u. s. w. besitzt.

Gepulvertes Glas wird schon durch verdünnte Salzsäure nicht allein in der Wärme, sondern sogar bei gewöhnlicher Temperatur stark angegriffen. Dies gilt auch von gepulvertem Bleikristall, der unmittelbar eine bleihaltige Flüssigkeit liefert, die durch Schwefelwasserstoff geschwärzt wird. Wenn das geformte Glas nicht zu viel Alkali, Kalk oder Bleioxyd, überhaupt nicht zu viel Base enthält, so widersteht es (mit Ausnahme der Flusssäure) den Säuren recht gut; denn aus Retorten von solchem Glase kann man selbst wiederholt Schwefelsäure destillieren, ohne dass sie merklich angegriffen würden. Phosphorsäure und auch Borsäure lösen bei hoher Temperatur selbst das härteste Glas auf. Weiche, d. h. viel Flussmittel enthaltende Gläser werden von Schwefel-, Salpeter- und Salzsäure schon bei gewöhnlicher Temperatur angefressen und endlich durchbohrt.

Die oben angeführten Beobachtungen Webers, dass ein hoher Kieselsäuregehalt des Glases allein dessen Widerstandsfähigkeit gegen

atmosphärische Einflüsse nicht bedinge, dass nicht nur das Verhältnis der Basen zur Säure, sondern auch das Verhältnis der Basen untereinander in dieser Beziehung von grossem Einfluss sei, fand auch früher schon Benrath*) rücksichtlich der Resistenzfähigkeit der Gläser gegen die Einwirkungen der Säuren bestätigt. Drei Glassorten von der Zusammensetzung

	I.	II	III.
Kieselsäure	73,17	75,00	78,72
Kalk	13,67	6,57	6,51
Natron	12,80	18,63	12,92
Thonerde und Eisenoxyd	0,39	0,75	1,65
	100,03	100,95	99,80

ergaben nach 48stündiger Digestion mit verdünnter Salzsäure einen Gewichtsverlust von

I.	II.	III.
1,52 Proz.	3,04 Proz.	1,84 Proz.

Unter den verschiedenen Sorten von Glas ist das grüne Flaschenglas dasjenige, welches am dringendsten, seines billigen Preises wegen, möglichst geringe Produktionskosten verlangt und daher die Fabrikanten zur Verwendung der billigsten Rohmaterialien, dann aber auch behufs Verminderung der Schmelzkosten zu thunlichst basischen Gemengen zwingt. Wir sehen daher nicht selten, dass solche Flaschen von den Säuren sehr stark angegriffen werden. Bringt man konzentrierte Schwefelsäure in eine solche Flasche, so sieht man nach kürzerer oder längerer Zeit fast immer warzenförmige Konkretionen von schwefelsaurem Kalk darin sich bilden, während gleichzeitig die Thonerde, das Eisenoxyd und das Alkali des Glases sich auflösen und die Kieselsäure in Form einer Gallerte sich abscheidet. Nur wenig Flaschen halten diese Prüfung aus; viele werden durch konzentrierte Mineralsäuren angegriffen, widerstehen aber verdünnten. Zuweilen findet man sogar, dass das im Wein enthaltene zweifach weinsaure Kali das Glas merklich angreift. Die Kieselsäure und der weinsaure Kalk lagern sich ab; gleichzeitig nimmt der Wein infolge der Auflösung von Thonerde und Eisenoxyd einen entschieden tintenartigen Geschmack an, wird trübe und verliert seine Farbe.

Wenn die Qualität der Flaschen eine bessere ist, so treten diese Wirkungen erst nach längerer Zeit ein, und Peligot glaubt daher, dass die Veränderungen, die der Wein bei langer Aufbewahrung in Flaschen erleidet, wenn er altert, wenn er sich ablegt, in vielen Fällen der Beschaffenheit der Flasche selbst nicht fremd sind; ebenso, dass die mehr oder weniger schnelle Entfärbung der Bildung einer Art Lack, aus der gallertartigen Kieselsäure und dem Farbstoff des Weins entstanden, zugeschrieben werden müsse. Die bekannte Eigenschaft mancher Weine, wenn sie einige Augenblicke in dem Weinglase stehen bleiben, eine schwärzliche Farbe anzunehmen, könnte einer ähnlichen Ursache zugeschrieben werden. In der That, sagt Peligot, enthalten

*) Glasfabrikation S. 17.

die weissen Weine Tannin, so dass sie sich, bei Anwesenheit einer kleinen Menge von Eisen, welches sie dem Glase der Flasche entnommen haben, infolge der Bildung von einer Spur von gallussaurem Eisenoxyd, welches bekanntlich der färbende Stoff der Schreibtinte ist, an der Luft schwärzen. Einen Beweis für diese Ansicht ist Peligot allerdings schuldig geblieben.

Wie dem aber auch sei, manche Flaschen werden durch alle saure Flüssigkeiten sehr bald angegriffen und als Beleg hierfür teilt Peligot einen sehr interessanten Fall mit: „Ich hatte, sagt derselbe, Champagnerflaschen, von anscheinend guter, in Wahrheit aber dermassen schlechter Fabrikation zu untersuchen, dass der Wein schon nach Verlauf einiger Tage total verwandelt war, und Wasser, welches nur 4 Prozent Schwefelsäure enthielt, darin von einem Tage zu dem darauf folgenden eine dicke Rinde von kristallisiertem schwefelsaurem Kalk hervorbrachte. Diese Untersuchung war durch einen Streit zwischen einer Champagnerfabrik und einer Glasfabrik veranlasst worden. Jene schrieb die Veränderungen, die der Wein so schnell in den Flaschen erlitt, der fehlerhaften Beschaffenheit der Flaschen, diese der schlechten Beschaffenheit des Weines zu.

Die Analyse dieses Glases ergab folgende Resultate:

Kieselsäure	52,4
Kali	4,4
Kalk	32,1
Thonerde	5,1
Eisenoxydul	6,0
	100,0

Die geringe Menge von Kieselsäure, welche dieses Glas enthielt, erklärt hinreichend die so energische Wirkung, welche Säuren auf dasselbe ausübten.

Ein einfaches Mittel, verschiedene Glassorten in bezug auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung von Säuren miteinander zu vergleichen, besteht darin, dass man Proben derselben in ein und demselben Tiegel, zwischen Eisenvitriolpulver verpackt, eine Zeitlang bis zur dunkeln Rotglut erhitzt. Der Eisenvitriol entlässt hierbei Dämpfe von wasserfreier Schwefelsäure, welche zersetzend auf die Glasproben einwirken und lässt sich der Grad dieser Zersetzung nach dem Abwaschen und Trocknen durch den erlittenen Gewichtsverlust ermitteln.

Die Fluorwasserstoffsäure korrodiert und zersetzt alle Arten von Glas, und man bedient sich ihrer daher nicht nur, um auf Glas zu gravieren, sondern auch, um die verschiedenen Glassorten auf eine leichte und sichere Weise zu analysieren.

Alkalien. Die Alkalien wirken kaum weniger energisch auf das Glas ein, wie die Säuren; konzentrierte Lösungen von ätzenden Alkalien lösen unter Zurücklassung der Erdsilikate in der Wärme gepulvertes Glas auf; Kolben, in welchen man kaustische Laugen kocht, werden von diesen stark angegriffen. In der Rotglühhitze verbinden sich nicht nur die ätzenden, sondern auch die kohlensauren Alkalien mit dem Glase, mehrbasische Salze bildend, die sich dann leicht in Wasser lösen. Die Gefässe, deren man sich zur Aufbewahrung kaustischer

Laugen bedient, bekommen nach kurzer Zeit feine Sprünge, die von der Innenseite ausgehend bald die ganze Glasmasse durchdringen und die Flasche zerstören; nicht weniger bekannt ist, mit welcher Schnelligkeit die Glasstöpsel in dem Halse von Flaschen, in welchen sich kaustische Lauge befindet, fest gekittet werden; dies beruht auf der Bildung eines auflöslichen Alkalisilikats, wodurch Flaschenhals und Stöpsel fest miteinander verbunden werden.

Manche Arten von Glas werden sogar von einer Auflösung von kohlensaurem Ammoniak, wenn diese längere Zeit darin verweilt, nicht unbedeutend angegriffen, indem sich das Innere der Flasche wie mit einem trüben Hauch überzieht, der sich durch nichts wieder entfernen lässt. Wahrscheinlich muss dies der Bildung von kohlensaurem Alkali oder Kalk einer- und von Aetzammoniak anderseits zugeschrieben werden; denn es ist eine wohlbekannte Thatsache, dass sowohl Alkali- wie auch Kalksilikate durch Ammoniaksalze schnell und vollständig zersetzt werden. Lassen sich doch aus diesem Grunde Appartementsgruben, wo stets viel kohlensaures Ammoniak und wohl noch andere Ammoniaksalze vorhanden sind, durch Zementation nicht wasserdicht herrichten.

Eine ähnliche Wirkung zeigt auch das phosphorsaure Natron, welches Kieselsäure aus dem Glase aufnimmt und dasselbe allmählich zerstört.

Im allgemeinen widersteht das aus Alkalien und Kalk dargestellte Glas der Einwirkung chemischer Agenzien besser, als bleihaltiges, welches überdies auch von Schwefelwasserstoff, und Schwefelammonium, Schwefelblei, und von chromsaurem Kali, chromsaures Bleioxyd bildend, angegriffen wird.

Auf alle diese Vorgänge, glaubte man früher, sei die Oberflächenbeschaffenheit eines Glases nicht ohne Einfluss; denn man bemerkte allgemein, dass geschliffene Scheiben, obgleich sie anfangs einen vortrefflichen Glanz zeigten, weit rascher anliefen, wie gut geblasene Fensterscheiben.

Es erklärt sich indessen diese Thatsache aus dem Umstande, dass beim Verarbeiten eines infolge zu hohen Alkaligehaltes fehlerhaften Glases bei der hohen Temperatur des Arbeitsstücks an dessen Oberfläche durch Verflüchtigung von Alkali eine dünne härtere Kruste sich bildet, welche durch den Schliff wieder fortgenommen wird.

Zum Schluss mag noch angeführt werden, dass auch das Licht nicht ohne alle Wirkung auf gewisses Glas ist, vorzüglich auf solches, welches in der später zu besprechenden Weise mit Mangan entfärbt wurde. Solches Glas nimmt, wenn es längere Zeit den Sonnenstrahlen ausgesetzt wird, eine rötlich violette Farbe an, während dasselbe Glas, im Schatten aufbewahrt, farblos bleibt. Faraday fand diese Beobachtung durch eigens angestellte Versuche vollkommen bestätigt. Anderseits wird Glas, welches trotz eines Zusatzes von Braunstein noch grünlich oder bläulich gefärbt erscheint, vom Sonnenlicht bald mehr bald weniger, zuweilen sogar ganz weiss gebleicht.

Es ist daher nicht mit Unrecht darauf aufmerksam gemacht worden, wie wichtig es sei, in Fällen, in denen eine dauernde Farblosigkeit des verwendeten Glases unbedingt nötig, in Gemäldegalerien, Maler-

und Photographenateliers beispielsweise, sowie auch für Schaufenster und dergl. das betreffende Material auf seine Unveränderlichkeit zu prüfen.

In einem gewissen Zusammenhange hiermit steht die Eigenschaft des Glases, grosse Mengen von dem durch dasselbe gehenden Licht zu verschlucken, was beiläufig bei mattem weissen Glase gegen 60 Prozent beträgt.

Neuerdings hat Storer eine Reihe von Versuchen über diesen Lichtverlust beim Durchgang durch Gläser von verschiedener Beschaffenheit angestellt und hierbei folgende Resultate erhalten.

Glassorten.	
Deutsches Flintglas	4,27 %
Dickes englisches Spiegelglas	6,15 „
Kristallglas	8,61 „
Double Englisches Fensterglas	9,39 „
Desgleichen deutsches Fensterglas	13,00 „
Englisches Crownglas	13,08 „
Orange gefärbtes Glasemail, zum Teil matt	51,24 „
Deutsches mattes Glas	62,34 „
Mattes Glas von Berkshire	62,74 „
Einfaches deutsches mattes Glas	65,75 „
Grünes Fensterglas	81,97 „
Purpurnes Fensterglas	85,11 „
Rötliches Fensterglas	89,62 „
Transparentes Porzellan	97,68 „

Das spezifische Gewicht eines Glases wechselt nach der Natur seiner Bestandteile, inzwischen üben nur Bleioxyd und Baryt, wenn diese in einiger Menge in dem Glase enthalten sind, einen wesentlichen Einfluss aus, indem die spezifischen Gewichte der übrigen Bestandteile, Kali, Natron, Kalk, Kieselsäure, nur wenig voneinander verschieden sind. Auch die verschiedenen Hitzgrade bei der Schmelzung sollen Aenderungen im spezifischen Gewicht des Glases veranlassen. Es liegt in der Natur des Gegenstandes, dass zahlreiche Bestimmungen des spezifischen Gewichts der verschiedenen Glassorten vorhanden sind, von denen wir nur die zuverlässigsten anführen. Nach Loysel beträgt das spezifische Gewicht

1.	eines Glases aus Sand und Alkali	2,36	bis	2,38
2.	„ „ „ „ Kalk und Natron	2,42	„	2,48
3.	„ „ „ „ und Natron	2,52	„	2,53
4.	„ grünen Glases	2,64		
5.	„ gemeinen Fensterglases	2,68	„	2,70
6.	„ Glases mit Thonerde und Kali	2,70		
7.	„ Bouteillenglases	2,73		
8.	„ Glases mit Basalt	2,81		
9.	„ weissen Glases	2,89		
10.	„ Glases auf 62 Sand 38 Thonerde	2,50		
11.	„ Kristalls auf 100 Sand 50 bis 60 Mennige	2,80	„	3,00

12.	eines Kristalls auf 100 Sand 80 bis 85 Mennige	3,20	bis 3,30
13.	„ Strasses „ 100 „ 150 „	3,50	„ 3,60
14.	„ Spiegelglases von St. Gobain	2,48	
15.	„ Kristall von Leith	3,18	
16.	„ englischen Flintglases	2,32	

Bestimmungen von Dumas.

Böhmisches Glas	2,396
Kronglas	2,487
Spiegelglas von St. Gobain	2,488
„ von Cherbourg	2,506
Fensterglas	2,642
Flaschenglas	2,739
Kristallglas	2,900 bis 3,255
Flintglas	3,300 „ 3,600

Bestimmungen von Faraday.

Kronglas	2,5448
Tafelglas	2,5257
Flintglas	3,2900
Guinands Flintglas	3,6160
Faradays Glas mit Borsäure	5,4400

Bestimmungen von Musprat.

Spiegelglas von Ravenhead	2,439
Kronglas	2,520
Grünes Hohlglas von St. Helens	2,684
Gewöhnliches grünes Flaschenglas	2,715
Weisses Flintglas	3,000
Kristallglas von Leith	3,189

Von Fraunhofer dargestelltes Flintglas hatte ein spezifisches Gewicht von 3,77.

Ausserdem teilt B. Scholtz noch die spezifischen Gewichte einiger die Glasfabrikation betreffenden Substanzen und auch verschiedener Gläser mit.

Künstlich dargestellte pulverförmige Kieselsäure	2,60	bis 2,66
Bergkristall	2,65	„ 2,888
Gemeiner Quarz	2,64	„ 2,785
Geschmolzenes (verglastes) Bleioxyd	8,25	
Boraxglas (geschmolzener Borax)	2,60	
Diamant	3,444	„ 3,560
Natronglas	2,437	
Neuhäuser Spiegelglas vom Jahre 1812	2,551	
Dasselbe „ „ „ 1820	2,564	
Spiegelglas von St. Gobain	2,370	
Englisches Spiegelglas	2,449	
Englisches Spiegelglas einer andern Fabrik	2,455	

Kristallglas je nach dem Bleigehalte	2,800	bis	3,000
Schwerstes englisches Flintglas	2,329		
Flintglas von Dartigues	3,150	„	3,200
Strass	2,500	„	3,600

Aus dem spezifischen Gewichte lässt sich auf die chemische Zusammensetzung eines Glases ebensowenig schliessen, wie man ohne weiteres das spezifische Gewicht einer chemischen Verbindung aus den spezifischen Gewichten ihrer Elemente berechnen kann; nur bei bleihaltigen Gläsern steigt, wie wir aus den mitgeteilten Angaben ersehen, das spezifische Gewicht auf 2,8 und darüber hinaus und ist das letztere daher wenigstens in dieser Beziehung ein untrügliches Kriterium für die Qualität des Glases.

Endlich ist noch die Art der Kühlung des Glases nicht ohne Einfluss auf das spezifische Gewicht desselben. Denn da bei schnell gekühltem Glase die äussere Partie schon erstarrte, während die inneren noch weich sind, können jene der infolge weiterer Abkühlung eintretenden Zusammenziehung nicht mehr folgen, so dass sogar in sehr schnellgekühltem Glase blasenähnliche Hohlräume sich bilden, welche beim Anwärmen der betreffenden Stücke wieder verschwinden. Das Volumen des schnellgekühlten Glases wird demnach grösser, sein spezifisches Gewicht somit geringer sein als dasjenige langsam gekühlten.

Drittes Kapitel.

Die Rohmaterialien.

Aus dem bisher Besprochenen und den mitgeteilten Analysen geht hervor, dass die wichtigsten Bestandteile des Glases: Kali, Natron, Kalk zuweilen auch Baryt und Bleioxyd und Kieselsäure sind; in kleineren Mengen finden sich darin Magnesia, Thonerde, Eisenoxydul, Eisenoxyd und Manganoxydul. Die ersteren sind wesentliche, die anderen mehr zufällige Bestandteile, so namentlich die Thonerde und die Oxyde des Eisens, die dem Glassatze nur in seltenen Fällen absichtlich zugefügt werden, sondern teils als Nebenbestandteile oder Verunreinigungen der Rohmaterialien, teils von den Ofengewölben und aus den Schmelzgefässen (Häfen) in die Glasmasse gelangen. Für das gewöhnliche grüne Flaschenglas in der Regel ohne Nachteil und bezüglich deren Farbe, wenigstens was das Eisen betrifft, selbst unentbehrlich, sind sie bei den weissen und feineren Glassorten aufs sorgfältigste zu vermeiden.

Kieselsäure und Kalk finden sich in der Natur so allgemein verbreitet, Kali, Natron und Bleioxyd sind so häufig Produkte künstlicher Darstellung, dass sich fast überall die zur Glasfabrikation erforderlichen Rohmaterialien finden. Nur in betreff der Reinheit dieser Rohstoffe, beziehentlich der Kieselsäure und des Kalks, ist die eine Gegend vor der anderen bevorzugt, so dass man da, wo die Stoffe minder rein sind und indem man bei einer gewöhnlich massenhaften Produktion nicht wohl daran denken wird, die Stoffe vor ihrer Anwendung einer durchgreifenden Reinigung zu unterwerfen, sich auf die Darstellung von ordinärem Glase beschränkt sieht. Eine Ausnahme hiervon machen die Alkalien, indem diese, wenn sie für feinstes Glas bestimmt sind, sorgfältig gereinigt werden.

A. Die Kieselsäure.

Die Kieselsäure, auch Kieselerde, ist die höchste Oxydationsstufe eines einfachen Stoffes, des Kiesels oder Siliciums. Ueber die eigent-

liche Zusammensetzung der Kieselsäure sind die Ansichten bis in die neueste Zeit geteilt gewesen, indem die einen sie als aus 1 Aequivalent Kiesel und 3 Aequivalent Stickstoff zusammengesetzt betrachteten, wonach also ihre chemische Formel SiO_3 und das Aequivalent des Kiesels selbst = 21, das der Kieselsäure aber 21 + 24 = 45 ist, während andere das Aequivalent des Kiesels = 14, die Formel der Kieselsäure = SiO_2 und deren Aequivalent daher = 14 + 16 = 30 setzten. Die letztere Ansicht ist die jetzt allgemein zur Geltung gekommene und daher auch für die vorliegende 5. Auflage massgebend gewesen, während die früheren Auflagen der ersteren Annahme folgten.

Auf die prozentische Zusammensetzung der Kieselsäure und ihrer Salze hat diese Verschiedenheit keinen Einfluss, wohl aber darauf, ob man z. B. eine Verbindung als neutrales oder anderthalb kieselsaures Salz ansehen soll*).

Die Kieselsäure besteht in 100 Teilen aus:

46,67 Kiesel und
53,33 Sauerstoff.

Im Mineralreiche kommt sie teils im freien Zustande, teils an Basen gebunden, ausserordentlich häufig vor und bildet einen der wesentlichsten Bestandteile der festen Rinde unserer Erdoberfläche. Im unverbundenen Zustande findet sie sich teils kristalliert in sechsseitigen Prismen, dann stets wasserfrei, teils amorph, und dann meist Wasser in grösserer oder geringerer Menge enthaltend. Diesem verschiedenen Vorkommen entsprechen gewissermassen auch die beiden Modifikationen, die man an der Kieselsäure kennt; eine in Wasser und Säuren unlösliche (kristallierte) und eine amorphe (wasserhaltige) zum Teil auflösliche Modifikation.

Die auf die eine oder andere Weise künstlich dargestellte Kieselsäure gehört im Zustande eines Hydrats der auflöslichen Modifikation an, geht aber durch Glühen in die andere Modifikation über. In diesem Zustande bildet sie ein weisses, sehr fein zerteiltes, aber rauh und scharf anzufühlendes Pulver von 2,66 spezifischem Gewicht. Sie ist geschmack- und geruchlos, ohne Wirkung auf Pflanzenfarben, in der Schmelzhitze der Oefen unschmelzbar und erst bei völliger Platinschmelzhitze in eine mit lebhaft glänzendem Schmelze überzogene, glasartig durchscheinende Masse mit weisslichem Kerne übergehend; aber vor dem Knallgebläse schmilzt sie zu einem klaren, farblosen, zähflüssigen Glase, das sich in noch elastischere Fäden als Glas ziehen lässt. Wirft man die schmelzende Kieselsäure in Wasser, so wird sie so hart, dass selbst gehärteter Stahl davon Eindrücke annimmt.

Da die Kieselsäure einer der für die Glasfabrikation wichtigsten Körper ist, so möge an dieser Stelle von den verschiedenen, in der Natur vorkommenden Formen, von welchen die eine in dieser, die andere in jener Gegend auftritt und das Material zur Darstellung des Glases hergeben muss, etwas ausführlicher die Rede sein und es mögen

---

*) Es sei hierauf ausdrücklich aufmerksam gemacht, um den mit chemischen Aequivalenten und Formeln weniger Vertrauten bei etwaigen Vergleichungen der vorliegenden mit früheren Auflagen des Werkes über Verlegenheiten hinwegzuhelfen.

gleichzeitig die beiden oben näher bezeichneten Modifikationen derselben, die kristallinische und die amorphe getrennt voneinander behandelt werden.

a) Die kristallinische Modifikation.

Quarz. Mit diesem Namen bezeichnet man alle natürlich vorkommende kristallinische Kieselsäure, im Gegensatze zu der natürlich vorkommenden amorphen Kieselsäure. Nach seinem abweichenden, besonders aber auf verschiedener Farbe beruhenden, äusseren Charakter unterscheidet man folgende Arten des Quarzes.

1. Varietäten in deutlich ausgebildeten Kristallen und in deutlich kristallinischen Massen.
   a) Bergkristall; mit diesem Namen werden die reinsten, farblosen und durchsichtigen Kristalle bezeichnet. Abarten sind: Citrin, mit gelblicher Farbe; Rauchtopas, gelblichbraun; Morion, fast pechschwarz.
   b) Amethyst, ein durch Eisensäure violett gefärbter Bergkristall.
   c) Gemeiner Quarz, Kristalle und kristallinische Massen von verschiedenen Farben, mehr oder weniger durchscheinend. In Beziehung auf die Farbe unterscheidet man: Rosenquarz, rötlichweiss bis rosenrot; Milchquarz, milchweiss, halbdurchsichtig; Siderit, indig- bis berlinerblau und andere.
   d) Eisenkiesel, durch Eisenoxyd rotgefärbter Quarz.
2. Varietäten in kristallinischen Aggregaten von mikroskopischer Feinkörnigkeit.
   a) Hornstein, von sehr verschiedener Farbe, muschligem oder splittrigem Bruch, schimmernd oder matt, kantendurchscheinend; erscheint oft in Afterkristallen und als Versteinerungsmaterial, zumal als versteinertes Holz.
   b) Kieselschiefer, ein verschieden gefärbter, schiefriger Quarz; den ganz schwarzen nennt man Lydit.
   c) Jaspis, durch Eisenoxyd gelb, rot oder braun gefärbter, zuweilen auch in anderen Farben auftretender, dichter, undurchsichtiger Quarz. Man unterscheidet: gemeinen Jaspis, Kugeljaspis, Bandjaspis (bunt gestreift), Achatjaspis, mit achatähnlichen Zeichnungen.

Aus der Zersetzung oder Zerstörung bald des einen, bald des anderen dieser Gebilde ist das Produkt hervorgegangen, welches wir Quarzsand nennen, nach seiner Abstammung hauptsächlich in Farbe sehr verschieden ist und in der Glasfabrikation eine aus dem feinzerteilten Zustande sich ergebende sehr ausgedehnte Anwendung findet. Wo immer man über Sand disponieren kann, benutzt man diesen in der Glasfabrikation und es gibt davon viele Lagerstätten, die durch die Vorzüglichkeit ihres Materials grosse Berühmtheit erlangt haben. In Deutschland finden sich solche Lager an mehreren Orten, unter anderen bei Nievelstein in der Rheinprovinz, dessen Zusammensetzung zu

Kieselsäure	999,75
Kalk	0,10
Magnesia	0,06
Eisenoxyd und Thonerde	0,09
	1000,00

angegeben wird, zu Hohenbocka, welches 99,71 Prozent Kieselsäure enthält, bei Lemgo in Westfalen u. s. w. In Frankreich sind die Lager von weissem Sande zu Maintenon, Fontainebleau, Nemours und Champagne am meisten geschätzt, woher auch Belgien zur Fabrikation von Kristall grösstenteils seinen Bedarf bezieht. In England ist der gewöhnliche Sand eisenhaltig, dies macht, dass im allgemeinen das englische Fenster- wie auch Spiegelglas einen deutlichen Stich ins Grünliche hat. Nur auf der Insel Wight und an der Alumbay finden sich Lager von weissem Sande; für Luxusgegenstände lassen die englischen Kristallglasfabriken ihren Sand aus Frankreich, Amerika und selbst aus Australien kommen.

Je feiner, reiner und weisser der Sand ist, um so mehr eignet er sich zur Glasfabrikation, besonders, nachdem man noch die feinen Thonteile, Pflanzenüberreste oder dergleichen, die fast aller Sand enthält, durch einen Schlemmprozess entfernt hat. Wenn fliessendes Wasser zu Gebote steht, so kann man sich der folgenden, sehr praktischen Vorrichtung bedienen. Man stellt einen hölzernen oder steinernen Trog von 1,80 cm Länge, 90 cm Breite und 90 cm Tiefe auf, in welchen das Wasser auf einer der schmalen Seiten einfliesst, während es durch, auf der entgegengesetzten Seite in verschiedenen Höhen angebrachte, Oeffnungen seinen Ausgang nimmt. Ausser diesen durch Zapfen verschlossenen Oeffnungen hat der Trog auf derselben Seitenwand einen Ausguss, aus welchem das Wasser frei abfliesst. In dem Innern des Behälters befestigt man an den beiden Rändern der Längswände zwei parallele Leisten, welche einem mit nicht zu weitem Metalltuche bezogenen Siebe als Kulisse dienen. Zum Waschen des rohen Sandes wirft man einige Schaufeln desselben auf das Sieb, worauf dann, bei der schüttelnden Bewegung, die man diesem erteilt, die feinen Körner in das Wasser des Bassins fallen, dessen Strömung den grössten Teil der aufgerührten thonigen und mergeligen Teile fortführt, während die organischen Stoffe mit den gröberen Steinen auf dem Siebe zurückbleiben. Nachdem man auf diese Weisse dem Wasserbehälter eine genügende Menge rohen Sand zugeführt hat, rührt man mittels einer Schaufel den am Boden des Troges liegenden Sandhaufen so lange um, als das Wasser noch getrübt wird. Nachdem der Inhalt sich geklärt hat, zieht man den zunächst über der Sandschicht befindlichen Zapfen und lässt das Wasser in einen anderen, leeren, gleich dem ersten disponierten Apparat, rasch abfliessen. Während dieser Zeit nimmt man den gewaschenen Sand aus dem ersten Troge, bringt ihn zum Abtropfen auf eine etwas geneigte reine Unterlage aus Brettern und beginnt sofort eine neue Operation.

Wo man nicht über fliessendes Wasser verfügen kann, bewirkt man das Waschen in einem mit Wasser gefüllten, grossen hölzernen Bottiche, in welchem man das mit rohem Sande beschickte Sieb eintaucht, bis der Bottich bis zu $^3/_4$ mit Sand angefüllt ist. Hierauf

rührt man den Sand mit einer Schaufel auf, erneuert das trübe Wasser und wiederholt dies so oft bis das Wasser klar abfliesst; mechanische Rührvorrichtungen erleichtern hier, wie bei dem erst beschriebenen Verfahren, die Arbeit.

Andere Apparate, welche die Bearbeitung grösserer Mengen von Sand ermöglichen, sind von Streele*) beschrieben worden, von denen der in **Fig. 6, Taf. I,** abgebildete Verwendung finden kann, wenn man über genügendes Waschwasser verfügt; muss man hingegen mit dem letzteren sparsam sein, so empfiehlt sich die in **Fig. 7, Taf. I,** wiedergegebene Konstruktion.

In **Fig. 6** ist *B* ein Zahnrad, welches von irgend einer Transmissionswelle die Kraft auf die Welle *A* überträgt, oder, nach Umständen auch ein direkt wirkendes Wasserrad.

D ist ein halbcylinderförmiges Gefäss von Holz, welches den auszuwaschenden Sand enthält.

C ist eine Rinne, welche das Waschwasser dem Gefässe zuführt. Die an der Welle *A* befindlichen Flügel rühren unausgesetzt den Sand auf, während das trübe Waschwasser fortwährend aus einem Einschnitte in dem oberen Rande der Waschtrommel abläuft und allenfalls in den nebenstehenden Setzbassins *F* und *G* gesammelt werden kann, in welchen sich aus der Trommel etwa mitgeführter Sand absetzt. Die Trommel selbst hat in einer Seitenwand eine Oeffnung, durch welche mittels einer Krücke der gereinigte Sand ausgezogen werden kann.

In **Fig. 7** hingegen ist *A* eine Tonne, welche um eine zentrale Achse drehbar ist. *B* ist eine verschliessbare Oeffnung zum Füllen oder Entleeren derselben, zu welchem Ende man die Tonne in eine entsprechende Stellung bringt. Neigt man beim Entleeren die Tonne allmählich, so kann man zunächst die trübe Flüssigkeit ablaufen und dann erst bei völlig unterwärts gerichteter Oeffnung den reinen Sand folgen lassen.

C sind Verstärkungsrippen von Holz, *D* ein trichterförmiger Kasten mit einer verschliessbaren Oeffnung *E*, welche ihrerseits mittels der Rolle *G* geöffnet und verschlossen werden kann. Durch diese Oeffnung lässt man den gereinigten Sand in untergesetzte Gefässe laufen. Das Trocknen des gewaschenen Sandes geschieht wie bereits oben angegeben wurde. Es ist gut, den Sand unter Dach und Fach aufzubewahren, damit der Wind ihn nicht fortführen könne und keine fremdartigen Stoffe dazu kommen.

Zuweilen glüht man auch den Sand, teils um alle organischen Stoffe, die er enthalten möchte, zu zerstören und vorhandenes Eisenoxydul in Oxyd überzuführen, teils um ihn, in kaltem Wasser abgeschreckt, leichter in einen feineren Zustand versetzen zu können.

Der gelbe Sand lässt sich, im Fall der Not, immer aber erst dann, nachdem er zuvor gut ausgewaschen war, zur Fabrikation von grünem und halbweissem Glase benutzen; er schmilzt leichter als der weisse Sand, weil er Kalk, Thonerde und Eisenoxyd enthält.

---

*) Des. Theorie und Praxis in der Fabrikation des weissen Feldspat-Porzellans.

Manche Glasfabriken bedienen sich zur Fabrikation von Flaschen auch des Seeschlammes; er liefert schon für sich, ohne jeden anderen Zusatz geschmolzen, ein Glas, welches jedoch leicht und sehr zerbrechlich ist. Nach einer Analyse von Pelouze und Boudrimont besteht derselbe in 100 Teilen aus:

Kieselsäure	43,75
Thonerde	13,82
Kohlensaurem Kalke	36,28
Eisenoxyd	0,36
Kohlensaurem und schwefelsaurem Natron	2,73
Organischen, schwefelhaltigen Substanzen	1,86
Spuren von Jod und Verlust	0,91

In Ermangelung von weissem Sande kann man auch gelben Sand zur Fabrikation von weissem Glase verwenden, nachdem man denselben durch eine ziemlich kostspielige Operation gereinigt hat. Zu diesem Zwecke besprengt man 64 Teile Sand mit 8 Teilen Wasser, welches 3 Teile Kochsalz und 2 Teile konzentrierte Schwefelsäure enthält, bringt das Ganze in einen mit Blei ausgeschlagenen Behälter und überlässt es in diesem mehrere Monate sich selbst. Der Sand bedeckt sich hierbei mit einer grünlichen, eisenchloridhaltigen Flüssigkeit, die allmählich dunkler wird; nächstdem wird derselbe vollständig ausgewaschen und getrocknet. Statt Kochsalz und Schwefelsäure kann man auch geradezu Salzsäure anwenden. Obgleich alle diese Substanzen sehr billig sind, so würde doch die Reinigung des Sandes nach diesem Verfahren zu teuer und daher in den wenigsten Fällen anwendbar werden; wenigstens dürfte der Transport von weissem Sande nicht kostspieliger sein als diese Reinigung.

Statt des Sandes benutzt man in manchen Gegenden auch weissen Sandstein, welcher nichts anderes ist, als ein Konglomerat von Quarzkörnern, die durch ein thoniges oder kalkiges Bindemittel zusammengekittet sind.

Wo man über weissen Sand nicht, wohl aber über Quarz verfügen kann, wird man auch letzteren anwenden können; in der That unterscheidet er sich von jenem nur durch die Form seines Auftretens, seines Vorkommens in festen Massen. Doch ist für das weisse und feinste Glas nicht jeder Quarz brauchbar; man wählt von vornherein nur weisse Varietäten, und von diesen auch nur diejenigen, die nach einem vorausgegangenen Glühen weiss bleiben.

Um den Quarz in ein feines Pulver zu verwandeln, wird er in eigenen Oefen bis zum starken Glühen erhitzt und dann plötzlich in kaltes Wasser geworfen (abgeschreckt, geschrenzt). Durch die hierbei stattfindende Ausdehnung und Zerklüftung des Gesteins, während gleichzeitig Wasser durch die feinen Sprünge in das Innere der Masse dringt, wird deren Zusammenhang in dem Masse gelockert, dass sie, nachdem das Abschrecken einige Male wiederholt worden ist, in einem Stampf- oder Pochwerke sehr leicht in gröbliches Pulver verwandelt werden kann, welches dann auf besonderen Mühlen feiner gemahlen wird, worauf man das Gröbere von dem Feinsten durch Sieben trennt.

Zum Glühen des Quarzes sind die in anderen Industriezweigen wohl üblichen Schachtöfen, nach Art einfacher Kalköfen konstruiert,

nur dann zu verwenden, wenn die beabsichtigte Fabrikation gewöhnlichen Flaschenglases eine Verunreinigung des Materials durch die Asche des Brennmaterials nicht unbedingt verbietet. In allen andern Fällen erscheint einzig und allein ein Flammofen zulässig, dessen Konstruktion die **Fig. 8** bis **10**, **Taf. I**, verdeutlichen. **Fig. 8**, zeigt denselben im Längsschnitt, **Fig. 9** im Querschnitt, während **Fig. 10** ihn im Grundriss darstellt. *F* ist die Feuerung, *R* der Rost, *A* der Aschenfall; die Flamme schlägt über die Feuerbrücke *f* und bestreicht das auf der seitwärts von *b* nach *a* geneigten Sohle *S* ausgebreitete Material, um durch den Fuchs *g* in die Esse *E* zu entweichen. Die Oefen sind in der Regel auf eine Beschickung von 2500 bis 5000 kg Quarz eingerichtet, welcher letztere in groben Stücken so locker auf der Sohle aufgeschichtet wird, dass die Flamme die ganze Masse recht gleichmässig durchstreichen kann, welche ihrerseits nach etwa 4 bis 5stündigem Feuern durch und durch rotglühend wird. Ist das letztere erreicht, so wird das Feuer gelöscht und der Quarz durch die Arbeitsthüren *a* und *b* mittels eiserner Krücken aus dem Ofen geschoben, so dass er direkt in die daneben befindliche, mit Wasser gefüllte Grube *T* fällt. *l* ist eine im Gewölbe des Ofens ausgesparte Füllöffnung, neben welcher das ungeglühte Material aufgeschichtet wird; sie ist während des Brennens, dessen Gang die Schauöffnung *S* zu beobachten gestattet, durch einen Stein geschlossen.

Die durch Glühen mürbe gemachten Materialien werden, ehe man sie den Zerkleinerungsmaschinen überliefert, zweckmässig einer sorgfältigen Handscheidung unterworfen. Die mit der letzteren betrauten Arbeiter bedienen sich zu derselben sehr gewöhnlich eines 0,50 bis 0,55 m im Quadrat messenden harten Steines, welcher auf 3 Seiten mit einem 30 cm hohen hölzernen Rande versehen und gegen die vordere, nicht umrandete Seite etwas geneigt ist und eines vorzüglich gut gehärteten, einerseits mit einer stumpfen Schneide versehenen Stahlhammers. Der Arbeiter selbst sitzt vor der freien, geneigten Seite des Steins, zerklopft die zu sortierenden Quarzstücken mit der breiten Bahn des Hammers, sammelt die ganz reinen Stücke in einem nebenstehenden Behälter, klopft mit der Schneide des Hammers an minder verunreinigten Steinen die schwarzen, roten oder glimmrigen Teile ab und fügt die so gereinigten den zuerst ausgeschiedenen hinzu. Der bei dieser Arbeit sich entwickelnde Quarzstaub ist für die Gesundheit der dabei beschäftigten Leute höchst nachteilig und empfiehlt es sich daher, durch vorheriges Benetzen des Quarzes die Bildung desselben thunlichst zu verhüten.

Da es bis jetzt keine Universalzerkleinerungsmaschine gibt, d. h. keine solche, welche im stande wäre, dass in groben Stücken ihr zugeführte Material in ökonomischer Weise in feinstes Pulver überzuführen, so lässt man das betreffende Mahlgut zweckmässig mehrere solcher Maschinen hintereinander passieren.

Die erste Arbeit übernimmt dann am besten eine sogenannte Steinbrechmaschine, welche **Fig. 11**, **Taf. I**, in einem die arbeitenden Teile erkennen lassenden Durchschnitte, **Fig. 12**, **Taf. I**, aber in der obern Ansicht wiedergibt. In dieser Maschine wird das zu zerkleinernde Material zwischen zwei Hartgussbacken, eingeführt, von denen die eine,

H_1, feststeht, während die andere H durch ein Kniehebelsystem EDE, welches sich einerseits gegen den Backen H, anderseits gegen die verstellbaren Keilstücke FL stützt, in Bewegung gesetzt, um die feste Achse I oszilliert. Dem Hebelsysteme selbst wird seine Bewegung durch die Zugstange D und das auf der Schwungradwelle sitzende Exzentrik mitgeteilt. Bei jeder Umdrehung dieser Welle, deren Antrieb selbst durch Riemenscheiben AA' erfolgt, sofern nicht die Umstände eine eigene kleine Dampfmaschine für den Steinbrecher erheischen, welche in diesem Falle mit dem letzteren fest verbunden zu sein pflegt, erfolgt ein Hub des beweglichen Brechbackens, dessen jedesmaliger Rückgang durch die Gummifeder K befördert wird. Die obere, unveränderliche Weite des Brechmauls, bei den gangbaren Maschinen dieser Art von 50 $\times$ 100 bis 500 $\times$ 800 mm variierend, bedingt gleichzeitig die grösste der einzuführenden Steinbrocken, während die untere Brechmaul-Spaltweite sowohl, wie auch der Hub des schwingenden Brechbackens je nach der Grösse der herzustellenden Steinstücke und nach der Art des zu brechenden Materials sich verändern lässt.

Die Darstellung der Spaltweite geschieht einfach durch Anziehen oder Nachlassen der Keilstücke FL und kann auch während des Ganges der Maschine bewirkt werden. Der Hub aber kann nur bei Stillstand der Maschine verändert werden und zwar durch Veränderung der Zugstangenlänge, indem bei beabsichtigtem grösseren Hube eine stärkere, bei kleinerem Hube eine schwächere Holzeinlage zwischen den Muff D und den Ansatz der Zugstange geschoben wird. Eine solche Maschine vermag bei einer unteren Spaltweite des Brechmauls von nur 25 mm und bei einer Betriebskraft von 2 Pferden 1000 kg Material pro Stunde zu verarbeiten, nimmt dabei nur 1,1 $\times$ 1,3 m Raum ein und wiegt 365 kg.

Das auf dem Steinbrecher gewöhnlich bis zu Nussgrösse vorgebrochene Material kann auf verschiedene Weise weiter verarbeitet werden. Früher dienten hierzu ganz allgemein die auch jetzt noch oft in Anwendung gebrachten Pochwerke, deren zweckmässigste Einrichtung aus **Fig. 13, Taf. I,** ersichtlich ist. Die geringe Leistungsfähigkeit der alten Pochwerke ist bei der vorliegenden Konstruktion in Folge der erzielten Rotation der Pochstempel verdoppelt, während gleichzeitig die Abnutzung eine verhältnismässig geringe ist, weil immer neue Berührungspunkte sich treffen. Auch die erforderliche Betriebskraft ist mit Rücksicht auf die erzielte Leistung wenigstens im Vergleiche mit Pochwerken gewöhnlicher Konstruktion eine möglichst geringe, obschon diese Zerkleinerungsapparate in dieser Beziehung allen andern bedeutend nachstehen. Es vermag ein solches Pochwerk mit 5 Stampfern in 10stündiger Arbeitszeit bei einem Aufwand von 5 Pferdestärken etwa 2500 kg Material so weit zu zerkleinern, dass dasselbe durch ein Sieb von 400 Maschen pro Quadratzentimeter passiert.

Im direkten Gegensatze zu der geringen Leistungsfähigkeit der Pochwerke stehen die sogenannten Schleudermühlen oder Disintegratoren. Diese Mühlen bestehen im wesentlichen aus 4 bis 8 konzentrisch ineinander laufenden Trommeln, deren cylindrische Umfassungswände aus Stäben gebildet sind, welche an der einen Seite auf Scheiben, auf der andern in Ringen vernietet sind. Die erste (innere), dritte, fünfte etc.

Trommel bilden ein zusammenhängendes Ganzes, welches mit der Nabe der Scheibe auf der eine Achse befestigt ist und von dieser mit der Riemenscheibe in rotierende Bewegung gesetzt wird; ebenso sind auch die zweite, vierte, sechste etc. Trommel als zusammenhängender Teil des Apparats auf der andern Achse befestigt, um von einer zweiten Riemenscheibe getrieben zu werden. Der eine Riemen aber ist ein offener, der andere ein gekreuzter, so dass die beiden Trommelapparate in entgegengesetzter Richtung rotieren.

Der Betrieb erfolgt gewöhnlich von einer gsmeinschaftlichen Vorgelegewelle aus, die von der Haupttransmissionswelle bewegt wird.

Fig. 14, Taf. II, zeigt eine solche Schleudermühle mit sechs Trommeln; der Deutlichkeit wegen ist der die Trommeln umhüllende Kasten weggenommen und der eine Spindelkasten aus dem andern herausgezogen. Die zu pulverisierenden Materialien werden durch einen an dem Umhüllungskasten befindlichen Trichter permanent in das Innere des Apparats gebracht und aus der ersten Trommel durch die entsprechend weiten Zwischenräume der Stäbe infolge der Zentrifugalkraft in die zweite entgegengesetzt laufende, geschleudert, wo sie, teilweise zerschlagen, aus dieser in die dritte, wieder in der Richtung der ersten laufenden, getrieben, immer weiter zerkleinert in die vierte, dann in die fünfte, sechste gelangen und aus der letzteren in pulverisiertem Zustande gleichmässig an allen Punkten der Peripherie, herausgeschleudert werden, um dann von dem erwähnten, aus mehreren Stücken zusammengeschraubten, blechernen Umhüllungskasten aufgefangen und durch eine untere Oeffnung an demselben in den Vorratsraum geführt zu werden. In **Fig. 15, Taf. I,** ist ein Disintegrator einfacherer Konstruktion mit geschlossenem Umhüllungskasten abgebildet. Diese Konstruktion ist überall da zulässig, wo nur trockne Materialien zu vermahlen sind, welche nicht durch Verkleben der Trommeln Veranlassung zu häufiger Reinigung werden; die letztere aber wird durch die in **Fig. 14, Taf. II,** wiedergegebene Einrichtung, welche das Auseinanderziehen der Trommeln ermöglicht, sehr erleichtert.

Bei der grossen Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommeln verweilt das Mahlgut höchstens eine Sekunde lang in denselben und es genügt diese kurze Zeit vollkommen für die Zerkleinerungsarbeit. Die Art und Weise, in welcher die letztere erfolgt, ist aus **Fig. 16, Taf. I,** ersichtlich, welche die Anordnung der Stäbe bei einer Schleudermühle mit 4 Trommeln zeigt, wobei die Pfeile die Drehungsrichtung der Trommeln resp. die Richtung der Bahn angeben, welche ein Körperteilchen „*a*" in dem Apparate durchlaufen muss.

Die zerkleinernde Wirkung erfolgt hier zunächst durch die Schläge in den mit grosser Geschwindigkeit abwechselnd in entgegengesetzter Richtung rotierenden Trommeln und dann noch, was für das Pulverisieren und Feinmahlen höchst wichtig ist, durch die Reibung des mit grosser Vehemenz kreuzweise durcheinander geworfenen Materials in sich selbst.

Das pulverisierte Produkt, von dem Umhüllungskasten, wie schon angedeutet, zusammengehalten, fällt durch eine Oeffnung in der Grundplatte der Maschine nach unten und durch einen seitwärts durch das Fundament führenden Kanal in einen Sammelbehälter, aus welchem es

entweder mittels eines Elevators gehoben, oder, bei kleinem Betriebe, direkt in Kästen oder Säcke gefüllt wird.

In den Schleudermühlen wird die aufgewendete Kraft am vorteilhaftesten nutzbar gemacht, da dieselbe mit Ausnahme der Reibung in den Achslagern ganz der zerkleinernden Wirkung zu gute kommt. Hierdurch erklärt sich auch die ausserordentlich grosse Leistungsfähigkeit der Schleudermühlen im Vergleich zu allen andern Mühlen und Zerkleinerungsmaschinen.

Gleichzeitig eignen sich aber die Schleudermühlen auch ganz vorzüglich zum innigen Mischen verschiedener Körper, wenn dieselben in unzerkleinertem oder feinem Zustande gleichmässig in den Trommelapparat eingeführt werden oder vor dem Aufgeben etwas durcheinander geschaufelt worden sind. Bei der grossen Leistungsfähigkeit kann man in verhältnismässig sehr kurzer Zeit das Gemisch mehrere Male durch den Apparat jagen, um dadurch die möglichst innige Mischung der verschiedenen Körperteilchen zu bewirken. Es ermöglichen demnach diese Apparate eine vorteilhafte Kombination der verschiedenen Arbeiten des Zerkleinerns der Schmelzmaterialien und des Mischens des Gemenges, von welchen letzteren später die Rede sein wird.

Eine Schleudermühle von 0,7 m äusserem Trommeldurchmesser vermag in 10stündiger Arbeitszeit bei einem Kraftbedarf von 5 bis 7 Pferden etwa 8000 kg Material zu liefern.

Bei allen Vorteilen, welche die Desintegratoren zu bieten vermögen sind dieselben doch nur in grossen Betrieben zweckmässig zu verwenden und sind daher Mahlgänge mit vertikalen und horizontalen Steinen hauptsächlich im Gebrauche.

Für beide Maschinen aber ist im allgemeinen das von dem Steinbrecher gelieferte Korn noch zu gross und passiert das Mahlgut daher, ehe es jenem zugeführt wird, sehr zweckmässig zunächst noch eine sogenannte Walzenmühle, auf welcher nuss- bis faustgrosse Stücken aufgegeben und bis auf Erbsengrösse oder selbst bis zu griesigem Mehle vermahlen werden können, je nachdem man ein oder mehrere Walzenpaare anwendet. Bei jedem Walzenpaare ist die eine Walze festgelagert, die andere dagegen mit ihren Lagern verschiebbar und mit Stellvorrichtungen versehen, um die Korngrösse des zu erzielenden Mahlguts regulieren zu können. Die Walzen der grösseren Mühlen sind mit leicht auswechselbaren, auf konische Kerne aufgezogenen Ringen von bestem Hartguss versehen, die Walzen der kleinen Mühlen bestehen aus einem Stück. Beim Grobmahlen sind zum Mitnehmen der losen Walze *W* **Fig. 17, Taf. II**, ein Paar Kuppelräder *RR* vorhanden, welche beim Feinmahlen ganz fehlen können. Ein über den Walzen befindlicher Schüttelschuh *S* reguliert die Zuführung des zu mahlenden Materials, wodurch eine grössere Leistungsfähigkeit und eine gleichmässige Abnutzung der Walzenringe erreicht wird. Die Walzenlager sind mit Schutzvorrichtungen gegen Verstauben versehen. Die kleineren Mühlen bis zu 550 mm Walzendurchmesser werden stets direckt, am besten mittels Riemen betrieben, während grössere Mühlen gewöhnlich ein Rädervorgelege erhalten.

Die gewöhnliche Einrichtung der Mühlen mit vertikalen Steinen ist aus den **Fig. 18, 19** und **20, Taf. II**, ersichtlich, von welchen die erstere

den Vertikalschnitt, die letztere den Grundriss eines solchen Kollergangs darstellt. Der Antrieb erfolgt im vorliegenden Falle von einer unter dem Mahlgange gelagerten Transmissionswelle *g* aus durch die konischen Räder *f* und *e*, von welchen das erstere auf der Transmissionswelle, das letztere auf der gusseisernen Königswelle *e* des Mahlgangs festsitzt. In der letzteren befindet sich ein Schlitz, durch welchen die Achse *i* der Läufer *kk* geführt wird, welche ihrerseits im Kreise auf der mit einer Zarge versehenen Bahn oder dem Bodensteine *b* sich bewegen. Unter dem letzteren befindet sich das Fusslager *c* für die Königswelle, deren oberer Zapfen bei *d* seitlich an einem der Balken des Gebäudes gelagert ist. In die Zentren der Läufer sind gusseiserne Büchsen eingelassen und mittels Scheiben befestigt; in die Büchsen eingelegte Rotgusslager dienen der Läuferachse zur Führung und die Läufer selbst werden vermöge vorgelegter Scheiben und durch Vorsteckkeile in ihrer Stellung erhalten.

Die Streicher *p* und *o m* und *n* dienen dazu, das Mahlgut stets unter die sich umwälzenden Läufer zu führen, während der Streicher *o* das fertige Produkt durch die Oeffnung *p* des Bodensteins, welche gewöhnlich mit einem Schieber verschlossen ist, entfernt. Durch entsprechende Vorrichtungen können die Streicher *m* und *o* nach Bedarf gehoben oder gesenkt werden. Durch das Räderpaar *u* und *x* wird die Schnurscheibe *s* und von dieser durch die Scheibe *r* und die Achse *q* ein Dreischlag angetrieben, welcher ein Schüttelsieb in Bewegung setzt, auf welches das Mahlgut durch die Oeffnung *p* fällt. Das durch das Sieb gegangene fertige Pulver wird durch eine Schnecke weiter transportiert.

Da die Leistungsfähigkeit der Kollergänge eine nur geringe ist, wenn nicht fortwährend eine Trennung des feingemahlenen Materials von dem gröberen stattfindet, so verdienen Konstruktionen, wie die in **Fig. 20a, Taf. I,** versinnlichte, den Vorzug.

Der Antrieb dieser Rollgänge erfolgt von unten mittels Riemenvorgelege von der Transmissionswelle aus. Das Aufgeben des Mahlguts geschieht durch den Trichter in der Mitte der beiden Läufer, in welchen man mittels eines Becherwerks das Material heben und einfallen lässt. In dasselbe Becherwerk fallen auch die noch nicht hinreichend gemahlenen Stückchen, welche die unter der Mühle angebrachte Siebtrommel auswirft und es werden dieselben somit der Mühle zurückgegeben. Ein eigentümlich konstruiertes Scher- und Rechwerk bringt das zu mahlende Material fortwährend von dem Zentrum nach der Peripherie der Bodenplatte und lässt deren einen Teil regelmässig in die Siebtrommel fallen, damit diese die hinreichend zerkleinerte Partie aussiebt und das noch zu dicke Material dem Becherwerke zurückgibt. Das Mahlgut befindet sich also in einem ununterbrochenen Kreislaufe. Diese Rollgänge, welche in der hier gegebenen Konstruktion von der Aktiengesellschaft Humboldt in Kalk bei Deutz gebaut werden, leisten mehr als das doppelte im Vergleiche mit älteren Systemen und vermögen in 10stündiger Arbeitszeit und bei einer Betriebskraft von circa 3 Pferden etwa 5000 kg zu vermahlen.

Die Einrichtung der Mahlgänge mit horizontalen Steinen ist eine so bekannte, dass es kaum nötig sein wird, in Details derselben einzugehen. Da die Leistung derselben als eine Funktion des Läufergewichts und der Geschwindigkeit sich betrachten lässt, so wird man mit Rücksicht auf die Härte des zu vermahlenden Materials beide ziemlich gross nehmen und ausserdem nur die besten, härtesten und zähesten französischen Mühlsteine wählen müssen. Die bereits genannte Maschinenbauanstalt liefert solche Mahlgänge nach **Fig. 21, Taf. III**, welche mit allen wünschenswerten Einrichtungen ausgestattet sind, vollständig frei aufgestellt werden können und für Riemenbetrieb eingerichtet sind. Die an denselben angebrachte Ventilation mittels Ventilatorgebläses gewährt so bedeutende Vorteile, dass diese Einrichtung in keiner Mineralmühle fehlen sollte. Vermöge derselben wird kalte Luft zwischen die Mühlsteine in die Mahlbahn geblasen und hierdurch bewirkt, dass die Steine kühl bleiben, mehr leisten, weil das feine Mehl schneller entfernt wird, länger Schärfe halten und sich also nicht so schnell abnutzen.

In welcher Weise man mehrere dieser Zerkleinerungsmaschinen für einen zweckmässig eingerichteten Betrieb zu kombinieren habe, lehrt **Fig. 22, Taf. III**, welche die Disposition einer Steinbrechmaschine in Verbindung mit Walzenmühle, Siebtrommel und einem horizontalen Mahlgang vergegenwärtigt.

A ist der Steinbrecher, welcher das vorgebrochene Material an die darunter befindliche Walzenmühle *C* abgibt. Von der letztern fällt das zerquetschte Mahlgut dem Becherwerke *D* zu, welches dasselbe der in der zweiten Etage des Gebäudes liegenden Siebtrommel *E* zuführt. Letztere gibt das genügend zerkleinerte Material in den Vorratskasten *G*, aus welchem es auf den Mahlgang *H* gelangt, während die zu groben Stücke durch die Butte *F* auf die Walzenmühle zurückfallen.

b) Die amorphe Modifikation.

Opal. Dies ist der generelle Name für die in der Natur vorkommende amorphe, wasserhaltige Kieselsäure von muscheligem Bruch und — mitunter fettartigem — Glasglanz, welche in ihren durch Farbe oder Farbenspiel ausgezeichnetsten Varietäten als Schmuckstein benutzt wird. Bis jetzt ist der Opal nur in sehr untergeordneter Weise als Gebirgsgestein vorgekommen. Dasselbe bildet nämlich als Halbopal kleine Stöcke in der Tertiärformation der Gegend von Bilin in Böhmen und in Ungarn. Diese meist graugelb und braun gefärbten Opalgesteine besitzen eine sehr fein ausgebildete Parallelstruktur, so dass sie füglich Opalschiefer genannt werden könnten. Uebrigens sind es fossilhaltige Gesteine, da sie häufig Kieselpanzer von Infusorien, Fische und organische Ueberreste u. s. w. umschliessen. Der Opal scheint ein Gemenge verschiedener Hydrate der Kieselsäure, mit einem bald grösseren, bald kleineren Gehalte an Thonerde, Magnesia, Eisenoxyd und Alkali etc. zu sein. Der gepulverte Opal hat wie die künstlich dargestellte Kieselsäure die Eigenschaft, sich in siedender Kali- oder Natronlauge aufzulösen. Nach der Farbe und anderen äusseren Eigenschaften unterscheidet man: 1) edlen Opal, auch orientalischen Opal, gewöhnlich weiss oder farblos, und durch sein schönes Farbenspiel in

grünen, blauen, roten und gelben Nüancen ausgezeichnet; 2) Feueropal, durch Eisenoxyd hyacinthrot, honig- bis weingelb gefärbt, durchsichtig und bisweilen rot und grün irisierend; 3) gemeinen Opal, von verschiedener Farbe, doch nur durchscheinend bis helldurchsichtig und ohne Farbenspiel; 4) Halbopal, meist nur an den Kanten durchscheinend und wachsglänzend; 5) Hyalith, gewöhnlich vollkommen durchsichtig und farblos oder emailartig, weder lebhaft gefärbt noch farbenspielend; 6) Holzopal, der als Versteinerungsmittel fossilen Holzes auftretende Opal. Ferner werden noch folgende, teils als Konkretionen, teils als Ueberzüge und Sinterbildungen vorkommende opalartige Mineralien zu den Opalen gerechnet: Menilith, Kacholong, Jaskopal (Eisenopal), Kieselsinter und Kieselgur. Sämtliche Opale wurden, wie es den Anschein hat, auf nassem Wege gebildet. — Wie aus den folgenden Analysen hervorgeht, so unterscheiden sich die Opale nicht nur durch ihre physikalischen Eigenschaften, sondern auch durch ihre chemische Zusammensetzung, voneinander.

	Edler Opal.	Gemeiner Opal.	Feueropal.	Halbopal.	
Kieselsäure	90,0	93,5	92,00	85,00	
Wasser	10,0	5,0	7,75	8,00	(ammoniakhaltig)
Eisenoxyd	—	1,0	0,25	1,75	
Thonerde	—	—	—	3,00	
Kohlenstoff	—	—	—	5,00	
Brenzliges Oel	—	—	—	0,38	

Man wird nicht leicht in den Fall kommen in der Glasfabrikation von der einen oder der andern Art des Opals Anwendung machen zu müssen; dagegen dürfte auf einige hierher gehörige und mit den Namen Kieselsinter, Kieselgur, Kieseltuff (Infusorienerde) bezeichnete Substanzen, die sich an manchen Orten in ungeheueren Quantitäten finden, aufmerksam zu machen sein. Sie sind fast reine wasserhaltige, amorphe Kieselsäure, mit kleinen Mengen von Kalk, Thonerde, Eisenoxyd und Alkalien, wie die folgenden Analysen zeigen.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Kieselsäure	93,25	94,01	84,43	86,20	72,00	87,86	74,48
Wasser	3,00	4,10	7,88	10,00	21,00	10,71	24,43
Thonerde	2,00	1,70	3,07	2,00	2,50	0,13	—
Kohlens. Eisenoxyd	1,25	1,70	1,91	2,00	2,50	0,73	0,39
Magnesia	—	—	1,06	—	—	—	—
Kohlensaurer Kalk	—	—	0,70	—	—	0,75	0,34
Alkalien	—	—	0,92	0,80	—	—	—
	99,50	101,51	99,97	101,00	98,00	100,18	99 64

1) Kieselsinter von Kohren in Sachsen, nach Zellner,
2) Kieselsinter aus dem Wasser des Geysers auf Island, nach Kersten;
3) derselbe aus dem Wasser des Geysers auf Island, nach Forchhammer;
4) Kieselgur von Pontigbaud, Departement Puy de Dome, nach Fournet;

5) Kieselgur von Isle de France, nach Klapproth;
6) Kieselgur von Oberohe bei Ebsdorf, obere Schicht,
7) Kieselgur von ebendaher, untere Schicht.

Ausser den eben genannten gehören noch hierher: die ähnlichen Gesteine vom Habichtswalde bei Kassel, von Planitz in Sachsen und der Dysodul vom Westerwalde, aus dem Siebengebirge und der Insel Sizilien; ferner die von Naumann als Infusorienzellit bezeichneten Ablagerungen, wie 1) das weisse, kreideähnliche Gestein von Jastraba in Ungarn, 4,20 m mächtig; 2) der sogenannte Kieselgur von Franzensbad in Böhmen; 3) das Bergmehl von Santa-Fiora in Toskana und von Degsernä in Schweden; 4) das an manchen Stellen gegen 30 m mächtige Infusorienerdelager, welches einen Teil des Grundes und Bodens von Berlin bildet; 5) endlich das bis zu 7,50 m mächtige Lager in der Tertiärformation von Richmond in Virginien u. a.

Wie man sieht ist die Zahl der Lagerstätten dieser Fossilien ziemlich gross, auch lässt sich erwarten, dass deren noch mehr aufgefunden werden. Dieses Material dürfte zwar einerseits um so mehr die Beachtung der Glasfabrikanten verdienen, als dasselbe wegen des hohen Grades mechanischer Zerteilung, in welchem sich die Kieselsäure darin findet, zur Verglasung weniger Alkali und auch weniger Brennmaterial erfordert, anderseits aber ist es eben dieser Feinheit wegen sehr voluminös und staubend, welche Eigenschaften in der Praxis wenig willkommen sind.

Flint, oder Feuerstein; dies Gestein ist ein Gemenge von kristallinischer und amorpher Kieselsäure, welcher sich an die Opale anschliesst. Er tritt in der Form von schmalen Schichten, häufiger in der Form von rundlichen Knollen in manchen Kalksteinformationen, ganz vorzüglich aber in der Kreide auf, für welche die Flintknollen als sehr charakteristisch accessorischer Bestandteil zu betrachten sind. Der Flint- oder Feuerstein bildet stets eine amorphe Masse von vollkommen muscheligem, schimmerndem Bruch mit stark durchscheinenden Kanten und ausgezeichneter Spaltbarkeit; seine Farbe wechselt zwischen gelblich bis schwarz, zuweilen findet er sich auch gefleckt. Aus den Untersuchungen von Ehrenberg ist es bekannt, dass die Flinte gewissermassen als ein durch ein kieseliges Bindemittel zusammengekittetes Konglomerat von fossilen Infusionstierchen zu betrachten sind. Der Feuerstein wurde früher, besonders in England, zur Darstellung von weissem Glase so häufig benutzt, dass sogar das aus diesem Material erzeugte weisse Bleiglas mit dem Namen Flintglas bezeichnet worden ist. Um ihn in das zu diesem Zwecke erforderliche feine Pulver zu verwandeln, wird derselbe wie der Quarz geglüht und gemahlen. Nach einer Analyse von Klapproth bestand ein Feuerstein von rauchgrauer Farbe in 100 Teilen aus:

Kieselsäure	98,00
Kalk	0,50
Thonerde	0,25
Eisenoxyd	0,25
Flüchtige Teile	1,00
	100,00

B. Schmelzmittel (fondants).

1. Kali.

Das in der Glasfabrikation gebrauchte Kali wird grösstenteils als kohlensaures Salz in mehr oder weniger reinem Zustande teils als Pflanzenasche, teils als Pottasche, zuweilen aber auch als schwefelsaures Kali angewendet.

Der Kaligehalt der Pflanzenaschen ist grossen Schwankungen unterworfen, je nach den Pflanzen, von welchen die Asche abstammt. In Deutschland sind es hauptsächlich die den vorwaltenden Bestand unserer Waldungen bildenden Bäume (Buchen- und Nadelhölzer), welche, als Brennmaterial benutzt, die Asche als ein Nebenprodukt gewähren. Welcher Art im allgemeinen die Zusammensetzung der Asche von den genannten Pflanzen ist, zeigen die folgenden Zahlenwerte:

	Buchen-		Tannen-		
	Holz.	Rinde	Holz.	Rinde.	Nadeln.
Kohlensaures Kali	11,72	—	11,30	—	10,75 (zusammen mit Natron)
Kohlensaures Natron	12,37	—	7,42	—	
Schwefelsaures Kali	3,40	3,02	Spur	2,95 kieselsaures Kali (für beide Zeilen)	1,95
Schwefelsaures Natron	—	—	Spur		3,90
Chlornatrium	Spur	—	Spur	—	—
Kohlensaurer Kalk	49,54	64,67	50,94	64,98	63,92
Kohlensaure Bittererde	7,74	16,90	5,60	0,93	1,86
Phosphorsaurer Kalk	3,32	2,71	3,43	5,03	6,35 (für beide Zeilen)
Phosphorsaure Bittererde	2,92	0,66	2,90	4,18	
Phosphorsaures Eisenoxyd	0,76	0,84	1,04	1,04	0,88
Phosphorsaure Thonerde	1,51	0,46	1,75	2,42	0,71
Phosphorsaures Manganoxyd	1,59	Spur	Spur	Spur	Spur
Kieselsäure	2,46	9,04	13,37	17,28	10,31

Die Asche wird vielfach durch bereits ausgelaugte Asche verfälscht; man muss sie daher, um nicht betrogen zu werden, auf ihren Alkaliengehalt untersuchen, wobei man annehmen kann, dass eine Asche, die weniger als 6 Prozent reines Alkali enthält, mit fremdartigen Substanzen untermengt worden war. Wenn sich eine solche Untersuchung nur auf den Alkaligehalt, als denjenigen Bestandteil, der allein Wert hat, erstreckt, so ist dieselbe leicht auszuführen. Man nimmt, nachdem die anzukaufende Asche gut untereinander gemengt worden ist, 6,9 g, schüttet sie in ein Kochfläschchen, welches 20 ccm Wasser enthält, setzt einige Grammen Kalkhydrat hinzu und bringt alles zum Kochen, filtriert und wäscht den Rückstand auf dem Filter mit soviel kochendem destillierten Wasser nach, bis 100 ccm abgeflossen sind. Von der klaren Flüssigkeit nimmt man 10 ccm in ein Becherglas, setzt Lackmustinktur hinzu und titriert mit Normalsalpetersäure, d. h. einer solchen, von welcher 10 ccm 0,692 g kohlensaures Kali genau neutralisieren; die verbrauchten Kubikzentimeter Salpetersäure mit 10 multipliziert, geben den Gehalt an kohlensaurem Kali in Prozenten.

Die Holzasche findet nur in der Fabrikation von gewöhnlichem Flaschenglase Anwendung.

Die Pottasche wird durch Auslaugen der Pflanzenaschen gewonnen, und zeigt wie diese in ihrem Gehalte an kohlensaurem oder auch kieselsaurem Alkali grosse Verschiedenheiten. Die Darstellung der Pottasche ist im ganzen so einfach, dass der Glasfabrikant in holzreichen Gegenden sie selbst vornehmen kann. Man zieht die Asche mit kochendem Wasser aus, bringt diese Lösung auf eine neue Portion Asche und so fort, bis man eine siedewürdige Lauge erhalten hat; die Rückstände werden noch einige Mal mit Wasser behandelt, und die so erhaltenen Flüssigkeiten zum Ausziehen neuer Mengen von Asche benutzt. Sämtliche Laugen werden alsdann in grossen flachen eisernen Pfannen zum Trocknen abgedampft und die so gewonnene, wasserhaltige, durch organische Substanzen braun gefärbte rohe Pottasche durch Glühen in die harte, weisse, zuweilen auch bläulich gefärbte Perlasche übergeführt. Die ausgelaugte Asche enthält noch Salze von Alkalien, Kieselsäure, phosphorsaurem Kalk und Thonerde, und kann zur Fabrikation von Flaschen oder von dunklem Glase, benutzt werden.

Auch aus der Rübenmelasse wird namentlich in Deutschland und Mähren eine Pottasche mit etwa 70 bis 75 Prozent kohlensauren Alkalien, worunter etwa 10 bis 18 Prozent Natron, gewonnen, indem man den in der Melasse noch vorhandenen Zucker durch Gärung in Alkohol überführt, die abgetriebene Schlempe zur Trockne bringt und die so erhaltene Schlempekohle wie Holzasche weiter verarbeitet. Auch aus dem Wollschweisse, aus Seifenwasser, als Nebenprodukt der Weinsteinsäurefabrikation wird Pottasche gewonnen; in grossartigem Massstabe aber und in vorzüglicher Qualität stellt man sie neuerdings aus den Stassfurter Kalisalzen dar. Diese letzteren enthalten im Durchschnitt

14 bis 20	Prozent	Chlorkalium,
22	„	Chlornatrium,
23,5	„	Chlormagnesium,
9	„	schwefelsaure Magnesia,
28	„	Wasser

und dienen zunächst als Rohmaterial zur Gewinnung von Chlorkalium, welches dann durch einen, dem Le Blancschen Sodaprozesse analogen, Vorgang in kohlensaures Kali umgewandelt wird, indem man dasselbe zunächst in schwefelsaures Kali überführt und sodann mit Kreide und Kohle zusammenschmilzt und die durch Auslaugen der Schmelze erhaltene Lösung von kohlensaurem Kali zur Trockne bringt. Man erhält auf diese Weise eine sehr reine Pottasche, die sich vorzugsweise für die besseren Kristallsorten eignet und daher die früher am Markt befindlichen Sorten aus Amerika, Russland, Illyrien, Ungarn mehr und mehr verdrängt hat. Die Fabrik von Vorster und Grüneberg in Köln liefert z. B. derartige Pottasche von der Zusammensetzung

	I.	II.
Kohlensaures Kali	93,3	84,0
Kohlensaures Natron	0,0	6,0
Schwefelsaures Kali	2,3	6,5
Chlorkalium	3,8	3,5
	99,4	100,0

Die Prüfung der Pottasche geschieht auf dieselbe Weise wie die der Holzasche; man löst 6,92 g zu 100 ccm Flüssigkeit auf, lässt durch Abhitzen sich klären, nimmt 10 ccm davon und titriert mit Normalsalpetersäure, deren verbrauchte Kubikzentimeter mit 10 multipliziert die Prozente an kohlensaurem Kali angeben, vorausgesetzt, dass nicht kohlensaures Natron, womit gegenwärtig die Pottasche häufig verfälscht wird, anwesend war. Alle Pottasche enthält von haus aus kleine Mengen von Natron, die jedoch kaum in Betracht kommen. Anders verhält es sich mit der absichtlichen Verfälschung durch einen Zusatz von Soda, die man im reinen Zustande billiger kaufen kann, als wenn man sie als Pottasche bezahlen muss. Die Prüfung auf den Gehalt an kohlensaurem Natron ist weniger schwierig als verwickelt. Man neutralisiert 6,92 g der Pottasche durch eine Auflösung von Weinsäure in der Wärme, und fügt nach eingetretener Neutralität gerade noch einmal soviel von der Weinsäurelösung hinzu, als man zur Neutralisation verbraucht hatte, dampft im Wasserbade zur Trockne und behandelt den Rückstand mit einer bei der herrschenden Temperatur gesättigten Lösung von s a u r e m weinsaurem Kali, trocknet hierauf den Rückstand und wägt. Man berechnet das gebildete zweifach weinsaure Kali auf kohlensaures Kali und zieht von diesem das an Chlor und Schwefelsäure gebundene Kali, beide auf kohlensaures Kali reduziert, ab. Was man durch Titrieren an kohlensaurem Alkali mehr gefunden hatte, als das berechnete kohlensaure Alkali beträgt, ist kohlensaures Natron.

Wie man sieht, ist, um das Natron bestimmen zu können, auch die Bestimmung des Chlors und der Schwefelsäure erforderlich. Dies ist jedoch auf massanlatytischem Wege eine sehr leichte Operation; man bestimmt zunächst an 10 ccm der obigen Pottaschenlösung (6,92 Pottasche zu 100 ccm Flüssigkeit gelöst), nachdem man sie nahezu mit Salpetersäure neutralisiert und mit etwas chromsaurem Kali versetzt hat, den Chlorgehalt mittels einer Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd, die in 1000 ccm 17 Teile Salz enthält, und von der man so lange zutropfen lässt, bis die Flüssigkeit eben einen rötlichen Schein angenommen hat; 100 ccm der verbrauchten Silberlösung entsprechen 0,747 g Chlorkalium oder 0,585 g Chlornatrium. Die Bestimmung der Schwefelsäure, resp. Schwefelsäuresalze, geschieht auf die Weise, dass man abermals 10 ccm der Pottaschenlösung genau durch Normalsalpetersäure neutralisiert (deren Verbrauch zugleich den Gehalt an Alkali ergibt), die neutrale Flüssigkeit durch Chlorbaryum fällt, ohne zu filtrieren, ein paar Minuten mit einer genügenden Menge von kohlensaurem Silberoxyd schüttelt, filtriert und das Ganze vollständig auswäscht. Das Filtrat, welches, wenn Chlormetalle oder Schwefelsäuresalze oder beide vorhanden waren, stark alkalisch reagiert, wird durch Normal-

salpetersäure neutralisiert; 100 ccm von dieser entsprechen 7,47 g Chlorkalium, 5,85 g Chlornatrium oder 8,72 g schwefelsaurem Kali oder 7,1 schwefelsaurem Natron. Von den so gefundenen Mengen dieser Salze hat man das durch das salpetersaure Silberoxyd ermittelte Chlorkalium oder Chlornatrium abzuziehen; der Rest ist alsdann schwefelsaures Kali oder schwefelsaures Natron. Zum Beispiel man habe den Gehalt einer Pottasche zu 80 Prozent Alkali (Kali oder Natron) gefunden; in der neutralen Flüssigkeit des Chlorkaliums durch 20 ccm Silberlösung = 0,1494 g Chlorkalium = 0,1744 g schwefelsaures Kali bestimmt; nach der Fällung mit Chlorbaryum und der Verwandlung der auflöslichen Chlormetalle in kohlensaure Alkalien verbrauche man 4 ccm Normalsalpetersäure = 0,2988 g schwefelsaures Kali, so hat man 0,2988 — 0,1744 = 0,1244 g schwefelsaures Kali und 0,1494 Chlorkalium. Uebrigens könnte man sich auch mit der Bestimmung der Gesamtmenge des Kalis, wie sie sich aus der Berechnung des zweifach weinsauren Kalis ergeben würde, begnügen, indem während des Schmelzprozesses sowohl das Chlorkalium wie auch das schwefelsaure Kali in kieselsaures Kali verwandelt werden; die Analyse wird alsdann sehr einfach und das Resultat dürfte, wenigstens für die Glasfabrikanten, genau genug sein.

Wie sehr die Zusammensetzung der Pottasche Schwankungen ausgesetzt ist, erhellt aus den nachfolgenden Analysen verschiedener Sorten derselben, wobei wohl zu beachten ist, dass selbst die Zusammensetzung von Aschen ein und desselben Ursprungs keineswegs immer dieselbe bleibt.

	Toskanische	Russische	Amerikanische rote Perlasche		Vogeser	Rheinische	Aus Runkelrübenmelasse
Schwefels. Kali	13,47	14,11	15.32	14,38	38,84	31,4	2,98
Chlorkalium	0,95	2,09	8,15	3,64	9,16	14,9	19,69
Kohlens. Kali	74,10	69,61	68,07	71 38	38,63	38,9	53,90
Kohlens. Natron	3,00	3,09	5,85	2,31	4,17	9,3	23,17
Wasser	7,28	8,82	—	4,56	5,34	5,5	—
Unlösliche Bestandteile	1,20	2,28	2,64	2,73	3,86		0,26
	100,00	100,00	100,03	99,00	100,00	100,0	100,00

Für das gewöhnliche weisse und halbweisse Glas, können auch diese Aschen, wie sie im Handel vorkommen, unmittelbar verwendet werden, sollen sie jedoch zur Darstellung von Flint- und Kristallglas dienen, so müssen sie vorgängiger Reinigung unterworfen werden. Zu diesem Behufe löst man die betreffende Pottasche in dem gleichen Gewicht kalten Wassers; es entsteht hierbei eine trübe Flüssigkeit, die man durch längeres Stehen klären lässt, worauf man den klaren Anteil von dem Rückstande, der aus Kieselsäure, schwefelsaurem Kali und Wasser besteht, abgiesst, in einem blanken eisernen Kessel bis zum Erscheinen eines Salzhäutchens einkocht und hierauf erkalten lässt. Hierdurch scheiden sich noch mehr schwefelsaures Kali, sowie Chlorkalium in kleinen Kristallen aus. Man dampft alsdann die rückständige Lauge bis zur staubigen Trockne ein und verwahrt die trockene Salzmasse in gut zu verschliessenden Gefässen auf, da das kohlensaure Kali

sehr begierig Feuchtigkeit aus der Luft anzieht. Die so gereinigte Pottasche ist keineswegs reines kohlensaures Kali und sie enthält ausser ziemlich viel Chlorkalium auch noch kieselsaures und schwefelsaures Kali. Zur Darstellung von Flintglas und Strass wendete man daher auch durch Verpuffen von Weinstein und Salpeter, Auslaugen der schwarzen Masse und Abdampfen zur Trockne bereitetes reines kohlensaures Kali an, ja man ist sogar dazu übergegangen, durch Auflösen in Alkohol gereinigtes Aetzkali in einzelnen Fällen zu verwenden. Grössere Fabriken, welche wöchentlich etwa 400 bis 600 Zentner reinigen müssen, bedienen sich eines, namentlich auf schottischen Flintglasfabriken üblich gewesenen Verfahrens. Nach demselben wird amerikanische Perlasche in einem Flammofen von der Bauart eines gewöhnlichen Sodaofens geschmolzen, und zwar unter Zusatz von Sägespänen, um das ätzende Kali und Schwefelkalium in kohlensaures zu verwandeln; die Schmelze wird gelöst, die Auflösung durch Ruhe geklärt, von dem Bodensatze klar abgezogen und in einen Flammofen zur Trockne verdampft. Die grauschwarze Masse wird wieder aufgelöst, die Lösung durch Absetzen geklärt und in einem dritten Flammofen zur Trockne gebracht, worauf erst dann das Produkt weiss erscheint. Es wird nun zum dritten Male aufgelöst, soweit verdampft, dass beim Erkalten alles schwefelsaure Kali auskristallisiert, und die Mutterlauge so lange eingedampft, dass sie zu einer Kristallmasse von 16 bis 18 Prozent Wasser erstarrt. Man darf sich, um ein reines Produkt zu erhalten, von keiner der Operationen dispensieren.

Wo man schwefelsaures Kali zu einem billigen Preise sich verschaffen kann, lässt sich dasselbe für mittelfeine Glassorten statt der Pottasche verwenden. Es findet sich zwar in der Natur als Mineral, sowie auch in manchen Salzsolen, wird aber fast ausschliesslich als Nebenprodukt bei vielen chemischen Prozessen gewonnen. So erhält man dasselbe, wenn der Rückstand von der Behandlung der Pottasche in kaltem Wasser in wenig siedendem Wasser gelöst wird; ferner kristallisiert es bei der Verarbeitung der Mutterlauge des Meerwassers, der Salzsolen, sowie der Kelp- und Vareclauge, in einer bestimmten Periode der Verdampfung, beim Erkalten aus. Nach Payen gewinnt man in Frankreich aus Varec jährlich 6000 Zentner. So lange man sich zur Darstellung von Salpetersäure und englischer Schwefelsäure des Kalisalpeters bediente, lieferten diese Prozesse den grössten Teil des schwefelsauren Kalis, zunächst als zweifach saures Salz, welches alsdann durch Neutralisation mit Pottasche in neutrales schwefelsaures Kali verwandelt wurde. Nachdem man sich zur Darstellung dieser beiden Säuren fast nur noch des Chilisalpeters bedient, ist auch diese Quelle für schwefelsaures Kali fast völlig versiegt. Aehnlich verhält es sich mit seiner Gewinnung als Seifensiederfluss, so lange man in der Seifenfabrikation zum Verseifen der Fette nur Kalilauge anwendete und die Kaliseife durch Zusatz von Kochsalz in Natronseife verwandelte, wo dann die Unterlauge eingedampft wurde, bis beim Erkalten der grösste Teil schwefelsauren Kalis auskristallisierte.

Das schwefelsaure Kali kristallisiert in geschobenen vierseitigen Prismen oder in doppelsechsseitigen Pyramiden. Die Kristalle sind farblos, sehr hart, wasserfrei und vollkommen luftbeständig; sie dekrepi-

tieren beim Erhitzen, schmelzen in starker Rotglühhitze und besitzen ein spezifisches Gewicht von 2,66. Das schwefelsaure Kali hat einen salzig-bitteren Geschmack, im Wasser ist es sehr schwer löslich; 100 Teile lösen bei 0° C. 8,5 Teile, und bei 100° C. 25,3 Salz auf; in Alkohol ist es ganz unlöslich; die meisten Säuren entziehen ihm die Hälfte seiner Base und verwandeln es in saures schwefelsaures Kali.

Für sich allein wird das schwefelsaure Kali durch die schmelzende Kieselsäure nur schwierig und erst bei sehr hoher Temperatur zersetzt; bei Gegenwart von Kohle geht jedoch diese Zersetzung zum Teil leicht von statten; man setzt daher der einzuschmelzenden Glasmasse auf 100 Teile schwefelsaures Kali etwa 7 Teile gepulverte Kohle zu. — Was die Gewichtsverhältnisse betrifft, nach welchen man das kohlensaure Kali durch schwefelsaures zu ersetzen haben würde, so würde man für 100 Teile des ersteren 126 Teile des letzteren anwenden müssen, da man aber nicht reines kohlensaures Kali, sondern Pottasche anwendet, und diese selbst schon gegen 15 Prozent schwefelsaures Kali enthält, so wird man auf 100 Teile Pottasche mit 115 bis 118 Teilen schwefelsaurem Kali ausreichen.

2. Natron.

Das Natron findet in der Glasfabrikation in mehreren Formen, hauptsächlich als kohlensaures und schwefelsaures Natron, seltener als Chlornatrium Anwendung.

Die Verwendung anderer Natronverbindungen, des zweifach borsauren Natrons oder des Borax und des salpetersauren Natrons, des Chilisalpeters, des ersteren als Zusatz zu optischen Gläsern und Emails, des letztern als Oxydations- und Entfärbungsmittels, sogenannter „Seife", ist eine nur beschränkte.

a) Kohlensaures Natron kommt als natürliche Soda an manchen Stellen der Erde, uns zunächst in Ungarn vor, wo dasselbe fabrikmässig ausgebeutet wird. Das Produkt, Szek genannt, wittert als schneeweisse Kruste aus dem Boden, welche man in der Frühe, vor Sonnenaufgang, als eine durch mitgefegte Erde unreine graue Masse aufkehrt. Der Szek, oder Szekso, wird mit Wasser ausgezogen, die klare Lauge, welche neben kohlensaurem Natron schwefelsaures Natron und Kochsalz enthält, zu einer Salzmasse eingedampft und deren Gehalt an färbenden Extraktivstoffen durch Glühen zerstört. Die Gesamtmenge der auf diese Weise in Ungarn jährlich gewonnenen Soda beläuft sich auf mindestens 15000 Zentner. Nach Volland hat die Debrecziner Soda eine bläuliche Farbe, ist steinhart, zeigt auf dem Bruch kristallinisches Gefüge, auf der Oberfläche dagegen eine verwitterte Rinde und besteht in 100 Teilen aus:

Kohlensaurem Natron	89,8
Kochsalz	4,3
Schwefelsaurem Natron	1,6
Phosphorsaurem Natron	1,5
Kieselsaurem Natron	1,6
Kohlensaurer Bitter- und Kalkerde Eisenoxyd, Kieselsäure und schwefelsaurem Kali	1,0
	99,8

Ein ähnliches Produkt war die schon den Alten bekannte von ihnen Nitrum genannte und ganz allgemein zur Glasfabrikation verwendete, hauptsächlich den Natronseen Aegyptens entstammende Rohsoda. Diese Seen, welche noch heute vorhanden sind, repräsentieren gleichsam grosse Abdampfpfannen, in welchen das in einen geringem Masse salzhaltige Wasser einer grossen Anzahl von Quellen (dasselbe zeigt etwa 1 bis $1\frac{1}{2}^0$ B.) von der Sonne verdampft wird. In einigen dieser Seen soll die Konzentration der Salzlösung 28 bis 30^0 B. erreichen und es scheiden sich dann auf dem Grunde derselben 40 bis 50 cm starke Salzkrusten aus, während andere wieder vollständig austrocknen. Allein über Alexandrien sollen alljährlich 2500000 kg solcher Rohsoda ausgeführt werden. Benrath teilt zwei Analysen solcher Rohsoda mit, welche von Laugier und Klapproth herrührend, die Zusammensetzung des genannten Materials zu

Kohlensaures Natron	22,4	32,6
Schwefelsaures Natron	18,3	20,3
Kochsalz	38,6	15,0
Wasser	14,0	31,6
Unlösliche Bestandteile	6,2	—
	100,0	99,5

angeben.

Den Namen Soda führen auch noch einige andere Produkte, die aus der Einäscherung von Strandpflanzen, wie *Salsola-Soda, Salicornia annua* und mehrere andere, gewonnen werden. Die im Handel geschätzteste Sorte ist die Barilla, nach dem Ausfuhrorte auch Alicantesoda genannt, und wird von *Salsola-Soda*, die zu diesem Zwecke eigens gebaut wird, gewonnen. Sie enthält bis zu 30 Prozent kohlensaures Natron. Aehnliche Produkte, doch von geringerer Güte, sind der Varec und Kelp; ersterer aus den zahlreichen an der französischen, letztere an der englischen und irischen Küste wachsenden Fucusarten dargestellt. Sie besitzen, wie aus den nachstehenden Analysen hervorgeht eine sehr abweichende Zusammensetzung, und einige Sorten enthalten gar kein kohlensaures Natron.

	Varec.			
	d'Andresselles.	Granville.	Noirmountiers.	Ile Glenans.
Chlornatrium	47,7	50,7	42,0	29,00
Chlorkalium	4,1	5,5	10,5	20.00
Schwefelsaures Natron	18,2	—	—	30,90
Schwefelsaures Kali	29.9	41,5	23,5	18,60
Kohlensaures Natron	—	2,1	9,5	1,90
Unterschwefligsaures Natron	—	—	14,9	—
Jodkalium	Spur	—	—	0,02
	99,9	99,8	100,4	100,66

Kelp von den Orkneyinseln.

Derselbe enthält in 100 Teilen 6,8 Wasser, 64,3 lösliche und 29,37 unlösliche Bestandteile.

a. Lösliche Bestandteile.

Schwefelsaures Kali	4,5
Schwefelsaures Natron	3,6
Schwefelsaurer Kalk	0,3
Schwefelsaure Bittererde	0,9
Schwefligsaures Natron	0,8
Unterschwefligsaures Natron	0,5
Kohlensaures Natron	5,3
Chlorkalium	26,5
Chlornatrium	19,3
Chlorcalcium	0,2
Jodmagnesium	0,3
Schwefelnatrium	1,6
Phosphorsaures Natron	0,5
	64,3

b. Unlösliche Bestandteile.

Kohlensaurer Kalk	2,60
Phosphorsaurer Kalk	10,50
Calciumoxysulfuret	1,10
Kohlensaurer Kalk	3,80
Kohlensaure Bittererde	6,80
Sand	1,60
Thonerde	0,10
Kohlenstoff	0,92
Wasserstoff	0,14
Stickstoff	1,15
Sauerstoff	0,66
	29,37

Die Produktion von Rohsoda aus diesen Pflanzenaschen ist nicht unbedeutend; Sizilien allein soll nach Muspratt jährlich an 5000000 kg ausführen und die Konkurrenzfähigkeit jener Aschen ist so bedeutend, dass das mindestens 100000000 kg Soda produzierende England noch im Jahre 1856 an 2750000 kg Barilla importierte.

Die höchst ungleichartige Zusammensetzung aller dieser Materialien, ihr geringer Gehalt an reinem kohlensauren Salze, dem einzigen, welches wohl in den unvollkommenen Oefen früherer Zeit zum Verglasen gebracht werden konnte, sowie die Schwierigkeit jeder weiteren Reinigung infolge der zu wenig verschiedenen Löslichkeit der kohlensauren und schwefelsauren Natronverbindungen, wodurch eine Trennung der letzteren durch fraktionierte Kristallisation kaum ausführbar wird, musste die Fabrikanten, namentlich feinerer Gläser, hauptsächlich auf den Gebrauch der Holzaschen und der, wie wir oben gesehen, aus dieser weit leichter zu gewinnenden reineren Pottasche hinweisen. Zu einem der wichtigsten Schmelzmaterialien aber wurde die Soda, nachdem ums Jahr 1789 Le Blanc die noch heute nach ihm genannte Methode der Sodagewinnung aus Kochsalz erfunden hatte, angeregt durch eine Preisaufgabe der Akademie und geleitet von einschlägigen Arbeiten des Benediktiners Malherbe, des Dr. Higgies und de la Métheries.

Nach diesem Verfahren wird das Kochsalz zunächst in schwefelsaures Natron verwandelt, was dadurch geschieht, dass man das Salz in dem sogenannten Sulfatofen oder in einer Art Gasretorte mit der angemessenen Menge Schwefelsäure (auf 100 Teile des ersteren 85 Teile engl. Schwefelsäure) behandelt, bis alles Kochsalz zersetzt ist. Das hierbei freiwerdende Salzsäuregas wird zur Kondensation in kaltes Wasser geleitet, mit diesem eine Lösung bildend, die als rohe Salzsäure in den Handel gebracht wird und einen Teil der Kosten deckt.

Das so erhaltene schwefelsaure Natron (Glaubersalz) wird gemahlen und mit zerkleinertem Kalkstein und Kohle aufs innigste gemengt, in den Sodaofen eingetragen, um hier erhitzt zu werden. Nach einiger

*) V. 321.

Zeit beginnt die Oberfläche zu erweichen und man sucht dies durch fortwährendes behutsames Umrühren zu beschleunigen, bis das Ganze breiartig geworden ist. Jetzt erst beginnt die eigentliche chemische Einwirkung der Stoffe aufeinander, infolge welcher eine lebhafte Gasbildung eintritt und die Masse in Bewegung gerät, die in diesem Stadium unablässig durcheinander gekrückt wird, damit die Zersetzung gleichmässig fortschreite. Zuletzt tritt eine förmliche Schmelzung des Sodasatzes ein, der durch die Gasentwickelung zu kochen scheint, bis diese letztere allmählich aufhört und die Masse in einen breiartigen Fluss geraten ist. Von diesem Zeitpunkt an wird sie so lange gekrückt, bis in derselben kleine Flämmchen von Kohlenoxydgas erscheinen, und dann sofort aus dem Ofen gezogen. Bei längerem Schmelzen der Masse würde sich wieder schwefelsaures Natron bilden. Während des Krückens wird das Feuer nicht geschürt, sondern man lässt abbrennen, damit in den Verbrennungsprodukten die Kohlensäure vorherrsche. Je nach den Zwecken, für welche die darzustellende Soda bestimmt ist, sind die Mengenverhältnisse der Materialen etwas verschieden; für hochgrädige Soda wendet man an:

2000 Teile schwefelsaures Natron,
2000 „ kohlensauren Kalk,
1060 „ Kohle.

Der Billigkeit wegen wendet man die Kohle als Steinkohlen- und oft auch Braunkohlenklein an; als Kalk wendet man einen möglichst weichen, möglichst thon- und bittererdefreien Kalkstein an.

Das Resultat der obigen Schmelzoperation ist die Rohsoda, die auch von manchen Fabriken für geringere Sorten von Glas, wo es auf die Farbe nicht ankommt, unmittelbar benutzt wird. Die Zusammensetzung der Rohsoda, die bei richtig geleiteter Arbeit stets nahezu dieselbe ist, ersieht man aus den beiden nachstehenden Analysen.

	Rohsoda von Ringkuhl.		Rohsoda der Rhenania
Kohlensaures Natron	37,8	. . . .	27,84
Chlornatrium	0,4	. . . .	6,31
Calciumoxysulfuret	40,0		
Kalk	8,5		
Bittererde	0,8	Schwefelnatrium	0,16
Natron	0,7	Unterschwefliges Natron	0,37
Schwefelsaures Natron	2,1	. . . .	0,27
Kieselsäure	5,0		
Thonerde	1,2	Unlösliche Stoffe, Kalk,	
Kohle	2,6	Bittererde, Kohle u. s. w.	65,05
	99,1		100,00

Im Durchschnitt rechnet man, dass die Rohsoda ein Dritteil ihres Gewichts wasserfreies kohlensaures Natron enthalte.

Um aus der Rohsoda die Soda des Handels zu erhalten, wird die geschmolzene Masse in Stücke zerschlagen und mit Wasser besprengt, wodurch sie zu einem gröblichen Grus zerfällt, welcher in einer dreifachen Reihe übereinander gestellter eiserner Kästen methodisch ausgelaugt wird. Die dünnere Lauge des obersten Kastens fliesst in den zweiten, ebenfalls mit Rohsoda gefüllten Kasten, und in derselben Weise

aus diesem in den dritten, aus welchem dann die möglichst gesättigte Lösung, nachdem sie sich in einem grösseren Reservoir geklärt hat, in die Abdampfpfanne gelangt, wo sich bei der fortschreitenden Konzentration einfach gewässertes kohlensaures Natron abscheidet, welches fortwährend herausgezogen wird, wobei man stets frische Lauge zufliessen lässt. Das ausgesoggte Salz bringt man zum Abtropfen auf grosse, mit Blei ausgeschlagene hölzerne Trichter, von hier in Oefen oder auf eiserne Platten, wo sie vollständig getrocknet, d. h. in wasserfreies Salz verwandelt wird. Durch abermaliges Auflösen, Kristallisierenlassen und Kalcinieren wird das Produkt reiner erhalten; es lehren jedoch die nachfolgenden Analysen Browns, welche wir Muspratts Handbuch der technischen Chemie entnehmen*), dass die verschiedenen Sorten des Handels teilweise sehr weit davon entfernt sind, als reines kohlensaures Natron gelten zu können, so dass auch bei der Verwendung der Soda Vorsicht dringend notwendig ist. Es enthielt nämlich:

	Sodasalz.		Kalcinierte Soda.		Raffiniertes Salz.		Raffinierte Soda.	
	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
Kohlensaures Natron	68,90	65,51	71,61	70,46	79,64	80,91	84,00	83,76
Natronhydrat	14,43	16,07	11,23	13,13	2,71	3,92	1,06	0,73
Schwefelsaures Natron	7,01	7,81	10,20	9,14	8,64	7,43	8,56	9,49
Schwefligsaures Natron	2,23	2,13	1,17	1,13	1,23	1,11	Spur	0,38
Unterschwefligsaures Natron	Spur	Spur	—	—	Spur	Spur	—	—
Schwefelnatrium	1,34	1,54	—	—	Spur	0,23	—	—
Chlornatrium	3,97	3,86	3,05	4,27	4,12	3,14	3,22	3,28
Natronalumnat	1,01	1,23	0,92	0,73	1,17	1,01	1,01	0,62
Kieselsaures Natron	1,03	0,80	1,04	0,98	1,23	1,31	0,98	0,78
Unlösliches	0,81	0,97	0,31	0,46	0,97	0,76	0,71	0,84
	100,73	99.92	99,53	100,30	99,71	99,82	99,54	99,88

	Zweimal raffinierte Soda.		Kalcinierte Soda aus Kristallen.	
	I.	II.	I.	II.
Kohlensaures Natron	84,31	84,72	98,12	97,98
Natronhydrat	Spur	0,28	—	—
Schwefelsaures Natron	10,26	0,76	1,97	1,24
Schwefligsaures Natron	Spur	—	—	—
Unterschwefligsaures Natron	—	—	—	—
Schwefelnatrium	—	—	—	—
Chlornatrium	—	—	0,72	0,56
Natronalumnat	0,63	0,71	—	—
Kieselsaures Natron	0,41	0,31	—	—
Unlösliches	0,25	0,49	—	—
	95,86	96,27	99,91	99,78

Die reine kristallisierte Soda repräsentiert eine Verbindung von 1 Aequivalent kohlensaurem Natron mit 10 Aequivalenten Wasser und enthält 63 Prozent des letzteren. Die Gesamtproduktion an Soda nach dem Le Blancschen Verfahren wird zu jährlich 300000000 kg angegeben.

*) Band V, S. 375 und 376.

Wie ein Blick auf die oben angeführten Analysen von Sodasorten lehrt, sind selbst die unter der Bezeichnung raffinierte Soda im Handel vorkommenden Qualitäten in nicht unbedeutendem Masse verunreinigt. Am schädlichsten wirkt ein Gehalt von schwefelsaurem Natron, welcher letztere wie Benrath*) durch vielfache Versuche bestätigt gefunden, entweder unzersetzt sich in dem Glase löst, dasselbe trübt und Veranlassung zu schwacher bläulicher Färbung wird, oder aber zu Schwefelnatrium reduziert von dem Glase aufgenommen wird, diesem je nach der vorhandenen Menge eine gelbliche bis orange, ja rotbraune Farbe erteilend. Dieses Verhalten des Glaubersalzes (Sulfat) ist schon von Splittgerber**) erkannt worden, welcher zeigte, dass die Färbung des Glases, welchem man Kohle zugesetzt hatte, nicht von dieser herrühre, sondern dadurch hervorgebracht werde, dass die Kohle die in dem angewendeten Alkali enthaltenen Sulfate zu Schwefelalkalien reduziere, die dem Glase, je nach ihrer Menge eine gelbe, rote bis schwarze Farbe erteilen.

Von grossem Werte für die Fabrikation feinerer Glassorten wenigstens kann daher eine mehr und mehr in Aufnahme gelangende Methode der Sodafabrikation werden, nach welcher das kohlensaure Natron direkt aus dem Kochsalz, ohne dass dieses in Glaubersalz übergeführt zu werden brauchte, gewonnen wird. Das Prinzip dieser Methode beruht auf folgender chemischer Reaktion***):

Kochsalz (Chlornatrium) und doppeltkohlensaures Ammoniak, beide in wässeriger Lösung, setzen sich gegenseitig um zu:

Doppeltkohlensaurem Natron (Natronbikarbonat) und Chlorammonium (Salmiak).

Ersteres ist im Wasser und, wie hier, in konzentrierter Salmiaklösung schwer löslich, scheidet sich deshalb aus der Mischung als weisses, feines Salzpulver aus, während Salmiak — als leicht lösliches Salz — in der Flüssigkeit aufgelöst bleibt. Das ausgeschiedene Natronbikarbonat wird durch mechanische Vorrichtungen, Filterpressen, Vakuumfilter etc. von der Salmiaklösung getrennt, getrocknet und durch Erhitzen in geschlossenen Apparaten in einfachkohlensaures Natron (Soda) übergeführt, die hierbei resultierende Kohlensäure geht wieder in den Kreislauf der Fabrikation zurück, indem sie aufs neue zur Herstellung von kohlenssaurem Ammoniak dient. Auch die Salmiaklösung liefert, unter Zusatz von Aetzkalk erhitzt, zunächst Ammoniak und in Verbindung mit der teils wiedergewonnenen teils neu erzeugten Kohlensäure wieder kohlensaures Ammoniak, das dann wiederum zur Zersetzung neuer Partien von Kochsalz dient. So entsteht als einziges Abfallprodukt des bei der Zersetzung des Chlorammoniums mittels Kalk sich ergebende Chlorcalcium.

Aus den nachstehenden Analysen ist die hohe Reinheit der so gewonnenen Soda ersichtlich.

---

*) Glasfabrikation, S. 45.
**) Poggendorfs Annalen. 1839, Nr. 7.
***) L. Kämmerer. Zeitschrift d. V. d. Ing. 1880, 203 ff.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Kohlensaures Natron	95,65	99,43	98,92	98,72	99,16
Chlornatrium	3,32	0,21	0,21	0,54	0,30
Schwefelsaures Natron	0,31	—	0,08	0,20	—
Eisenoxyd, Thonerde, unlöslicher Rückstand	0,07	—	0,06	0,10	0,02
Wasser	0,55	0,31	0,73	0,32	0,29
Kieselsaurer Kohlenstoff	—	0,04	—	—	0,02
Kohlensaurer Kalk	—	Spur	—	0,13	0,07
Kohlensaure Magnesia	—	—	—	0,04	0,13
	99,90	99,99	100,00	100,05	99,90

b) Schwefelsaures Natron (Glaubersalz-Sulfat): Gegenwärtig liefert das schwefelsaure Natron oder Glaubersalz den bei weitem grössten Teil des in dem Glase enthaltenen Natrons. Nach den vorhandenen Nachrichten würde Laxmann, seiner Zeit Mitglied der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Petersburg, der erste gewesen sein, welcher das Glaubersalz in die Glasfabrikation eingeführt hat, indem er bereits im Jahre 1764 eine unreine Soda, die er durch Glühen von natürlichem schwefelsauren Natron mit Kohle dargestellt hatte, statt der bis dahin gebräuchlichen Pottasche zum Glasschmelzen anzuwenden versuchte. Infolge der günstigen Resultate, die er hierbei erhielt, gründete er später in der Nähe von Irkutsk in Sibirien, am Flüsschen Tulza, eine Glasfabrik, in welcher das dort vorkommende natürliche Glaubersalz, Chudshir genannt, verschmolzen wurde. Doch beschränkte sich die Kenntnis von diesem Verfahren auf die dortige, von dem eigentlichen Kulturleben allerdings weit entfernte Gegend. Daher dürfen wir die Autorschaft der Erfindung mit allem Recht für Lampadius in Anspruch nehmen, welcher gegen Ende des vorigen Jahrhunderts, und sicher ohne Kenntnis von dem Laxmannschen Verfahren zu haben, zuerst bei uns in Deutschland die Idee anregte, das Glaubersalz in der Glasfabrikation zu verwenden, ohne dass sie jedoch anfänglich Beachtung gefunden hätte. Erst einige Jahre später (1803) nahm der damalige Technologe von Baader (später Bergrat) Veranlassung, Versuche über die Anwendbarkeit des Glaubersalzes zur Glasfabrikation anstellen zu lassen. Obgleich die hierbei erhaltenen Resultate keineswegs günstige waren, so legte doch von Baader nahe der böhmischen Grenze eine grosse Tafelglashütte an, und lud im Jahre 1808 den Akademiker Gehlen auf seine Hütte ein, um Versuche anzustellen, ob die Vorschläge von Lampadius ausführbar seien. Doch auch diese Versuche führten zu keinem befriedigenden Ergebnis, was jedoch von Baader nicht abhielt, den Gegenstand weiter zu verfolgen, wobei er endlich einen Glassatz ermittelte, der mit wenigen Abänderungen noch heute in den Glashütten der gebräuchliche ist. Man hat zwar von Baader die Ehre der Priorität streitig zu machen gesucht, allein, wenn auch ohne Zweifel Lampadius und Gehlen einen vorwiegenden Anteil an der Erfindung haben, so gebührt doch von Baader das Verdienst der ersten praktischen Ausführung. In der That belohnte ihn 1811 auch die österreichische Regierung mit einer Summe von 12000 Gulden.

Wie das Glaubersalz ziemlich häufig in der Natur vorkommt, wird es auch bei vielen chemischen Prozessen als Nebenprodukt gewonnen, so bei der Darstellung der Salpetersäure aus Chilisalpeter und Schwefelsäure, bei der Salmiakbereitung aus schwefelsaurem Ammoniak und Kochsalz, bei der Darstellung von Magnesia aus Bittersalz und kohlensaurem Natron, endlich auch aus dem Pfannenstein der Salinen; der grösste Teil des im Handel befindlichen Glaubersalzes wird jedoch durch direkte Zersetzung des Kochsalzes mittels Schwefelsäure dargestellt, während speziell für die Glasfabrikation von den chemischen Fabriken in Leopoldshall ein sehr reines, namentlich völlig eisenfreies Glaubersalz, aus Kochsalz und Kieserit (schwefelsaurer Magnesia) bereitet wird, indem man deren Lösungen bei Frost aufeinander wirken lässt, wobei Glaubersalzkristalle sich ausscheiden, während Chlormagnesium in Lösung bleibt.

Das bei gewöhnlicher Temperatur kristallisierte Glaubersalz enthält 56 Prozent Wasser; für die Glasfabrikation bestimmt, ist es wasserfrei. Man hat darauf zu sehen, dass es kein Eisen enthalte, weil hierdurch das Glas eine grünliche Farbe bekommt; erforderlichen Falls muss man dasselbe einer Reinigung unterwerfen, indem man es in gleichen Gewichtsteilen 25° warmem Wasser auflöst, die Lösung mit einer kleinen Menge Chlorkalk und Kalkmilch versetzt und, nachdem sie sich geklärt hat, in einer bleiernen Pfanne einkocht, und die sich ausscheidenden Kristalle aussoggt. Letztere sind wasserfrei und bedürfen nur noch vollkommenen Austrocknens.

Ueber die Einrichtung einer derartigen Sulfatraffinerie, wie dieselbe auf dem Stolberger Etablissement der Gesellschaft von St. Gobain ausgeführt wurde, berichtet Jäckel wie folgt. Auf einem Gerüste stehen zwei Reihen eiserner Kasten aus 4 bis 5 mm dickem Blech, von welchen die eine dicht an der Umfassungswand des Arbeitsraumes sich befindet, etwa 1,20 m höher steht, als die andere, und fünf Stück Kasten enthält, während die zweite Reihe deren neun zählt. Der letzte Kasten der unteren Reihe ist 2 m lang, 1 m hoch und 1 m breit, während alle übrigen bei 1 m Höhe eine Länge von 1,5 m und eine Breite von 1,33 m haben. Ueber sämtlichen Kästen befindet sich eine Wasser- und eine Dampfleitung.

In die mit warmem Wasser gefüllten Kästen wird sodann ein Siebboden, auf welchem das Sulfat sich befindet, eingehängt und so lange darin gelassen, bis die Lösung 32° B. zeigt, entsprechend einer gelösten Menge von etwa 410 kg Sulfat. Während man nun fortwährend Dampf in die Flüssigkeit eintreten lässt, fügt man eine, etwa 12,5 kg gebrannten Kalkes entsprechende Menge Kalkbrei hinzu, rührt einige Zeit und lässt absetzen. Ueber dem etwa 15 cm hohen, schmutzig braunen Niederschlage ist in der Regel in etwa 4 Stunden die Flüssigkeit völlig klar, wovon man sich überzeugt, indem man eine lange Glasröhre in dieselbe eintaucht, deren obere Oeffnung man beim Herausziehen mit dem Daumen verschliesst. Vor sämtlichen Kästen läuft eine mit Blei gefütterte Rinne vorbei, in welche man dann die Flüssigkeit mittels eines Bleihebers abzieht.

Die Hälfte der Kästen wird gewöhnlich zum Raffinieren benützt, während die andere Hälfte dazu dient, den hierbei fallenden Schlamm

auszulaugen. Zu diesem Ende wird der Schlamm von 3 bis 5 Kästen vereinigt und viermal mit heissem Wasser ausgewaschen, bis das Aräometer keinen Salzgehalt mehr anzeigt. Die Waschwässer dienen dann zum Auflösen des rohen Salzes. Zum Abdampfen der geklärten Lösung dienen drei Pfannen, etwa 2,6 m lang, 1,6 m breit und 0,5 m hoch, von denen jede mit einem Vorwärmer versehen ist. Die Lösung wird in denselben stets im Sieden erhalten, und die sich bildenden Kristalle werden, wie gewöhnlich ausgesoggt; pro Schicht liefert eine solche Pfanne etwa 500 kg raffiniertes Salz. Das Austrocknen des letzteren geschieht endlich in einem Flammofen, welcher etwa 250 kg Salz fasst und pro Schicht sechsmal beschickt wird; so dass also ein Ofen für 3 Pfannen gerade ausreicht. Der Verlust an Salz bei dieser Arbeit beträgt durchschnittlich 7 Prozent. Gegenüber der Verwendung von kalcinierter, 90prozentiger Soda stellte sich der Zentner raffiniertes Glaubersalz etwa 4,80 Mark billiger, wobei allerdings der beim Sulfatschmelzen erforderliche Aufwand für Reduktionskohle und Arsenik nicht gerechnet ist.

Es ist überflüssig, darauf aufmerksam zu machen, dass das Natronsulfat nicht als solches in die Glasmasse übergeht, vielmehr während des Schmelzens durch die Kieselsäure zersetzt wird. Diese Zersetzung erfolgt jedoch sehr schwierig und langsam und erfordert eine andauernd hohe Temperatur, wird aber sehr erleichtert, wenn man auf 100 Teile wasserfreies Glaubersalz 5 bis 6 Teile Kohlenpulver zufügt. Die Schwefelsäure wird dadurch unter Bildung von Kohlenoxydgas in schweflige Säure verwandelt, die beim Glühen durch die Kieselsäure leicht ausgetrieben wird. Nach Pelouze findet hierbei eine vollständige Zerlegung des Natronsulfats niemals statt; der unzersetzte Anteil geht teils und vorzugsweise in die Glasgalle, teils aber auch in das Glas selbst, so dass man, wie schon oben bemerkt, selbst in dem mit Soda verschmolzenen Glase, da jene wohl niemals frei von schwefelsaurem Natron ist, letzteres antrifft. Zerreibt man in einem Achatmörser Glas zu einem feinen Pulver, so lässt sich aus diesem durch Wasser alles schwefelsaure Natron auswaschen.

c) Chlornatrium, Kochsalz. Die Versuche, diese Natriumverbindung in der Glasfabrikation zu verwenden, haben zu allgemein befriedigenden Resultaten noch nicht geführt. Das Kochsalz wird zwar von schmelzender Kieselsäure zersetzt, jedoch nur unter Mitwirkung von Wasserdämpfen, wobei der Wasserstoff des Wassers sich mit dem Chlor des Natriums zu Chlorwasserstoffsäure verbindet, während der Sauerstoff mit dem Natrium Natron bildet, welches mit der Kieselsäure zu Natronsilikat sich vereinigt. Wenn nun auch Wasserdampf aus der Verbrennung des Brennmaterials in dem Ofen vorhanden ist, so vermag er doch auf die geschmolzene, in den Häfen befindliche, wenig Oberfläche darbietende Glasmasse, nur wenig einzuwirken, so dass zu einer vollständigen Zersetzung des Chlornatriums eine sehr lange Zeit erfordert wird.

Es würde offenbar grosse ökonomische Vorteile darbieten, wenn man ohne weiteres die Soda oder das Glaubersalz durch Kochsalz ersetzen könnte, indem 100 Teile des letzteren 90 Teilen 100gradiger Soda oder 108 Teilen wasserfreien Glaubersalzes entsprechen. Die Realisierung einer so bedeutenden Ersparnis liegt nicht ausser aller Möglichkeit, so dass es erlaubt erscheint, die Aufmerksamkeit der Glas-

fabrikation auf diesen Punkt zu lenken. Schon Gay-Lussac und Thenard beschäftigten sich mit Versuchen, eigens für die Zwecke der Glasfabriken Kochsalz direkt in kieselsaures Natron überzuführen und machten zu dem Ende den Vorschlag, ein inniges Gemenge von Kieselsäure und Kochsalz, in eisernen Cylindern zum Glühen gebracht, der Einwirkung von überhitzten Wasserdämpfen auszusetzen*). Es erfolgt hierbei die schon oben angegebene Zersetzung in Salzsäure, die kondensiert und aufgefangen, und in kieselsaures Natron, welches, nach den nötigen Zusätzen von Kieselsäure und Kalk direkt zur Glasfabrikation angewendet werden könnte. Hätte man z. B. auf 1 Aeq. Kochsalz 3 Aeq. Kieselsäure, resp. Sand oder auf 100 kg von ersterem 150 kg von letzterer genommen, so würde dreifach kieselsaures Natron ($NaO3SiO_2$), die gewöhnlich im Glase enthaltene Verbindung, entstehen, die Masse würde man, um ein Glas von der gewöhnlichen Zusammensetzung zu erhalten, noch mit 48 bis 50 kg Kalk und 150 bis 160 kg Kieselsäure, resp. Sand zu verschmelzen haben. Es sind aber die Versuche darüber, ob das Chlornatrium wirklich zersetzt werde und in die Glasmischung als Natron übergehe, einstweilen noch so wenig als abgeschlossen zu betrachten, dass es ebenso zweifelhaft erscheinen muss, ob jene Kaliglashütten, welche in der Absicht, durch einen Natrongehalt dem Glase grössern Glanz und grössere Härte zu verleihen, ihren Glassätzen bis 10 Prozent Chlornatrium hinzufügen, ihren Zweck erreichen, wie die Hoffnung mancher Grünglasfabrikanten, durch Zusatz des Kochsalzes nicht nur billiges Alkali zu gewinnen, sondern auch noch einen Teil des Eisengehaltes aus dem Gemenge zu entfernen, indem das Chlornatrium mit dem Eisenoxyde zu Natron einerseits und in der Schmelzhitze flüchtigen Eisenchlorid anderseits sich umsetze, illusorisch sein mag. In der That muss es einstweilen dahingestellt bleiben, ob nicht etwa sämtliches Kochsalz entweder in die Glasgalle unzersetzt übergehe oder in der hohen Temperatur des Glasofens lediglich sich verflüchtige.

3. Kalk.

Der Kalk findet sich in der Natur ausserordentlich verbreitet und aus den Beobachtungen der Geognosten wissen wir, dass in allen geologischen Epochen Kalksteine gebildet worden sind. Es gibt daher Ur-, Uebergangs-, Flötz- und tertiäre Kalksteine. Am grossartigsten treten die Kalksteinbildungen der Flötzzeit auf, in deren drei Gruppen, der Trias-, der jurassischen und der Kreideformation, jene als eins der mächtigsten Glieder erscheinen. Die Kalksteine der Urperiode sind stets deutlich kristallinisch, doch kommt ihnen diese Form nicht ausschliesslich, sondern ausnahmsweise auch Kalksteinen anderer Perioden zu.

Da, nach dem Gesagten, in allen Formationen Kalksteine, und zwar hauptsächlich als kohlensaurer Kalk auftreten, so dürfte der Glasfabrikant, bezüglich dieses Materials nicht leicht in Verlegenheit kommen, und ob er es mit kohlensaurem Kalk zu thun habe, erkennt er

*) Dasselbe Verfahren liess im Jahre 1858 G. Fritshe in Biala für Oesterreich und W. Gossage 1863 für England patentieren.

leicht daran, dass Stücke des Gesteins, mit Salzsäure übergossen, ein lebhaftes Schäumen und Aufbrausen veranlassen, und sich vollständig oder beinahe vollständig auflösen. Es liegt jedoch in der, grösstenteils sedimentären, Bildungsweise der Kalkgesteine, dass sie stets mehr oder weniger von fremdartigen Körpern begleitet und durchzogen sind, wodurch dieselben je nach der grösseren oder geringeren Menge solcher fremder Stoffe bald weniger bald mehr für die Glasfabrikation tauglich erscheinen. Am häufigsten finden sich: 1) Kieselsäure, in dem kristallinischen Gestein zuweilen als fein eingemengter Quarz, in dem dichten zuweilen als Sand in geringer Menge vorhanden. Da die Kieselsäure an sich schon einen Bestandteil des Glases ausmacht, so schaden auch kleine über den Satz durch den Kalk zugeführte Mengen nicht; wenn aber der Kalk reicher an Kieselsäure wird, so muss hierauf Rücksicht genommen, der Kalkgehalt des Gemenges vermehrt, an Kieselsäure aber entsprechend abgebrochen werden. 2) Thon, resp. kieselsaure Thonerde; auch der Gehalt an Thon ist ohne Nachteil, sofern derselbe nicht zu gross ist; in den meisten Fällen kann man den in Salzsäure unauflöslichen Rückstand als kieselsaure Thonerde ansehen, was einen Massstab für die vorhandene Menge abgibt. Der hauptsächlichste Nachteil, der durch einen zu grossen Thongehalt herbeigeführt wird, besteht darin, dass das Glas schwerer schmelzbar wird; auch hier macht sich, um die richtige Menge Kalk in den Satz zu bringen, ein vermehrter Zusatz desselben nötig. 3) Eisen, entweder als Eisenoxyd oder als kohlensaures Eisenoxydul; der Gehalt übersteigt selten 1 Prozent, wobei jedoch zu berücksichtigen, dass sich derselbe nach dem Brennen etwa aufs doppelte erhöht; ein solcher Kalk ist für halbweisses und grünes Glas vollkommen brauchbar, nicht aber für feines weisses Glas. 4) Mangan, teils als Manganhyperoxyd, welches zuweilen dendritenartig die Flächen überzieht, teils als kohlensaures Manganoxydul; seine Menge ist stets so klein, dass es auf die Beschaffenheit des Glases keinen Einfluss äussert. 5) Magnesia, dies ist ein fast in keinem Kalkstein fehlender und häufig auch in grosser Menge vorhandener Körper; wir haben schon früher darauf aufmerksam gemacht, dass das Bittererdesilikat sehr schwer schmelzbar ist, und diese Eigenschaft auch dem Glase mitteilt, wenn es in zu grosser Menge vorhanden ist. Es ist daher eine um so unerlässliche Vorsicht, den zu verwendenden Kalk auf seinen Mangnesiagehalt zu prüfen, als derselbe sich durch das äussere Ansehen des Kalks, auch bei bedeutender Menge nicht zu erkennen gibt. 6) Bituminöse Stoffe, erkennbar an dem Geruche nach Kohlenwasserstoff, den sie, mit einer Säure übergossen, entwickeln, sind namentlich den Tuffkalksteinen eigen, für deren Anwendung in der Glasfabrikation jedoch ohne allen Nachteil. Ausser den genannten Substanzen findet man noch Phosphorsäure, Chlor und Alkalien, von den beiden ersteren grösstenteils nur Spuren, von den letzteren zuweilen bis zu 3 Prozent; jene sind wegen zu geringer Menge unschädlich, diese wirken nur vorteilhaft.

Obgleich, wie gesagt, diese fremdartigen Beimengungen, sobald sie eine gewisse Grenze nicht überschreiten, bei der Darstellung des Glases keine eigentlichen Nachteile bringen, so wendet man doch wo möglich die reineren Arten von kohlensaurem Kalke, und wo man sie

zu einem hinreichend billigen Preise haben kann, am liebsten Kreide an, auch wohl schon deshalb, weil sie sich leicht pulvern lässt, oder in diesem Zustande käuflich zu haben ist. Innerhalb der Thäler und Berge mancher Kalksteingebirge, so namentlich bei Langensalza, Mühlhausen, Heiligenstadt und Göttingen, kommt ein gelblicher Kalktuff in lockern, erdigen Ablagerungen vor, der bis auf etwas Thon und Eisenoxyd ein fast reiner kohlensaurer Kalk ist und gesiebt, vorteilhaft in der Glasfabrikation würde Anwendung finden können.

Viele Fabriken brennen vor seiner Anwendung den Kalk und lassen ihn alsdann an der Luft zu einem feinen Mehle, einem Gemenge von kohlensaurem und Aetzkalk, zerfallen, wodurch sie sich der Mühe, ihn pulvern zu müssen, überheben. Oertliche Verhältnisse entscheiden, ob jenes oder dieses ökonomischer sei, übrigens ist es nicht notwendig, den ungebrannten Kalk, der dem Glassatz beigegeben werden soll, in ein feines Pulver zu verwandeln, indem er auch ohnedies mit den übrigen Materialien leicht zusammenschmilzt und aufgelöst wird, so dass er sogar hier und da in Nussgrösse zur Verwendung gelangt. In den böhmischen Glasfabriken nimmt man fast allgemein gebrannten und an der Luft wieder zerfallenen Kalk, besonders wenn er längere Zeit der Luft ausgesetzt gewesen ist. Frisch zerfallener Kalk soll dem Glase leicht eine grünliche Färbung erteilen; bei einem eisenhaltigen Kalke liesse sich dies vielleicht daraus erklären, dass das Eisen wenigstens zum Teil, als Oxydul vorhanden war, und erst allmählich in Oxyd übergeht, welches bekanntlich das Glas weniger färbt. Bei Anwendung von an der Luft zerfallenem Kalke ist übrigens nicht zu übersehen, dass derselbe keine bestimmte Zusammensetzung hat und, je nachdem er kürzer oder länger an der Luft verweilte, bald weniger bald mehr Kohlensäure und Wasser absorbiert hat. Es entsteht hieraus eine gewisse Unsicherheit in betreff der, auf eine bestimmte Menge Kieselsäure, zu nehmenden Menge Kalks, und möge daher hier ein Verfahren Platz finden, welches in Stand setzt, jeden Augenblick mit leichter Mühe die Beschaffenheit, d. h. die Zusammensetzung eines vorliegenden Kalks zu ermitteln. Zur Anstellung des Versuchs sind nur erforderlich: 1) eine in $^1/_{10}$ ccm geteilte Pipette, 2) eine einigermassen empfindliche Wage (Goldwage) nebst Grammengewicht, 3) ein oder mehrere Bechergläser, 4) eine Salpetersäure, von welcher 1000 ccm 50 g reinen kohlensauren Kalk, und 5) ein Aetzammoniak, von welchem 1000 ccm genau 1000 ccm jener Salpetersäure neutralisieren und 6) Lackmustinktur.

Wie auf die vorliegenden Fragen:

a) wieviel Aetzkalk,

b) wieviel kohlensaurer Kalk,

c) wieviel Wasser, resp. andere Stoffe, in einem Kalk enthalten sind, die gewünschte Antwort gefunden wird, lässt sich am einfachsten an einem besondern Beispiele zeigen.

Man wäge 2,5 g des vorliegenden Kalks ab, bringe sie in ein Becherglas, übergiesse sie mit 100 ccm jener Salpetersäure, und warte ab bis sich alles gelöst hat, wobei man mit einem Glasstäbchen die etwa vorhandenen Klümpchen zerdrückt und zerteilt. Nach erfolgter Lösung setzt man 10 bis 20 Tropfen Lackmustinktur, und hierauf aus der Pipette soviel Ammoniak hinzu, bis eben die blaue Farbe wieder zum

Vorschein kommt; gesetzt man habe 60 ccm Ammoniak nötig gehabt, so haben 2,5 g des in Arbeit genommenen Kalks zu ihrer Auflösung 40 ccm Salpetersäure erfordert. Da nun 100 ccm Salpetersäure äquivalent sind 5 g kohlensaurem und auch 2,8 g Aetzkalk, weil reiner kohlensaurer Kalk aus 56 Prozent Aetzkalk und 44 Prozent Kohlensäure besteht, so entsprechen 40 ccm Salpetersäure 2 g kohlensaurem oder 1,12 g Aetzkalk. Um zu erfahren, wieviel von jeder dieser beiden Kalkverbindungen vorhanden ist, bringen wir abermals 2,5 g Kalk in ein Glasfläschchen, welches bis an eine Marke im Halse genau 200 ccm fasst, fügen 3 g Salmiak und dann bis an die Marke destilliertes Wasser hinzu, worauf das Fläschchen mit einem bereitgehaltenen Korke sofort verschlossen, während einer Viertelstunde häufig geschüttelt und dann der Ruhe überlassen wird, bis die Flüssigkeit sich vollständig geklärt hat. Der vorhandene Aetzkalk setzt sich hierbei mit dem Salmiak, einerseits Chlorcalcium, anderseits Aetzammoniak bildend, um und die Flüssigkeit enthält jetzt eine dem vorhanden gewesenen freien Kalke entsprechende Menge Aetzammoniak. Von dieser Flüssigkeit fügt man nun mittels der Pipette so lange zu 5 ccm obiger Salpetersäure, welche man in ein Becherglas genommen und mit Lackmustinktur rotgefärbt hatte, bis zum Wiedererscheinen der blauen Farbe. Angenommen es seien 40 ccm aufgegangen, so würden 200 ccm dieser Flüssigkeit $5 \times 5 = 25$ ccm der Salpetersäure erfordern; da 1000 ccm von dieser 28 g Aetzkalk entsprechen, so entsprechen 25 ccm 0,7 g Aetzkalk = 1,25 g kohlensaurem Kalk. Angewendet waren:

2,50 g zu untersuchender Kalk, enthaltend 1,12 g reinen Kalk,
0,70 g Aetzkalk abgezogen, bleiben für kohlensauren Kalk, Wasser etc.
1,80 g.

Zieht man nun von der
1,12 g betragenden Gesamtmenge reinen Kalkes
0,70 g Aetzkalk ab, so bleiben
0,42 g, welche mit Kohlensäure verbunden in dem zu untersuchenden Kalk vorhanden sind. Diesen 0,42 g reinen Kalkes entsprechen aber 0,75 g kohlensauren Kalkes, es enthielten also die 2,5 g des untersuchten Kalks 0,70 g Aetzkalk und 0,75 g kohlensauren Kalk, während der Rest von 1,05 g für Wasser und andere Verunreinigungen zu rechnen ist. Hiernach ergibt sich die Zusammensetzung des Kalkes zu

Aetzkalk	0,70	oder	28,00	44,8 Kalk
Kohlensaurer Kalk	0,75		30,00	
Wasser etc.	1,05		42,00	
	2,50		100,00	

Von diesem Kalke müsste man daher, um in dem Satze 100 Teile Aetzkalk zu haben, 224 Teile abwägen.

Manche Fabriken ziehen gebrannten Kalk auch noch deshalb vor, weil er beim Schmelzen keine Kohlensäure entwickelt, wodurch in der Masse die Entstehung von Blasen und ein zu starkes Aufwallen und Schäumen veranlasst wird. Aber gerade dieses heftigen Aufwallens, des „starken Arbeitens", wie es die Glasschmelzer nennen, wegen geben viele Hütten dem ungebrannten Kalke den Vorzug, weil jenes ungemein zur schnellen Läuterung und bessern Homogenisierung des schmelzenden

Glases beiträgt. Auch wendet man kohlensauren Kalk gern da an, wo die Pottasche oder Soda viel schwefelsaure Salze enthalten oder wo man überhaupt mit Sulfat arbeitet; denn man glaubt, dass die Kohlensäure die Zersetzung dieser Salze, und deren Umwandlung in Silikate begünstige. Wie dem aber auch sei, Thatsache ist, dass man überall, wo man die kohlensauren Alkalien durch deren Sulfate ersetzt, kohlensauren Kalk anwendet.

So wenig der Kalk in dem Glase entbehrt werden kann, ebenso schädlich wirkt derselbe, wenn er im Uebermass angewendet wird; die Häfen werden dann stark angegriffen, das Glas, während des Blasens zu flüssig, entmischt sich, sobald sich der Ofen nur etwas abkühlt; zuerst wird es milchig, dann hart und körnig, trübe; es würde nicht gelingen dasselbe wieder gehörig in Fluss zu bringen, selbst wenn man den Ofen wieder so stark wie während des Läuterns erhitzen wollte. Wenn das Glas etwas Thonerde enthält, so schützt diese zwar die Wandungen der Häfen bis zu einem gewissen Grade gegen die zerstörende Wirkung des Kalks, so dass man vorgeschlagen hat einem zu kalkreichen Glase ein wenig Thonerde zuzusetzen; man würde sich dieses Mittels nur bei ordinärem oder Flaschenglase bedienen können und ausserdem die Neigung des Glases zum Entglasen befördern.

Ausser in der Verbindung mit Kohlensäure findet der Kalk in der Glasfabrikation noch Verwendung als phosphorsaurer Kalk und als Fluorcalcium, ersterer zur Erzeugung des Milchglases, letzteres als Flussmittel.

Der phosphorsaure Kalk wird zu dem Ende sehr gewöhnlich in der Gestalt gebrannter Knochen, welche 60 bis 70 Prozent desselben enthalten angewendet, indessen hat Dr. Schür an ihrer Stelle den Baker-Guano vorgeschlagen und in Anwendung gebracht, welcher folgende Zusammensetzung besitzt:

Phosphorsaurer Kalk	78,80
Phosphorsaure Magnesia	6,13
Phosphorsaures Eisenoxyd	0,13
Schwefelsaurer Kalk	0,14
Wasser, Chlornatrium, schwefelsaures Kali, verbrennliche organische Substanzen u. s. w.	14,95
	100,15

Dr. Schür rügt an den Knochen, die von guter Qualität schwer zu beschaffen sind, sorgfältig gebrannt, pulverisiert und aufbewahrt werden müssen, besonders den Umstand, dass bei Anwendung derselben leicht ein ungleichartiges, unansehnliches Milchglas, welches oft Schlieren und Knoten in bedeutender Menge enthält, hervorgeht. Bei Anwendung des Baker-Guano, der überdies noch den billigeren Preis für sich hat und bequemer ist, treten diese Mängel nicht ein. Ein ganz besonderer Vorzug besteht darin, dass sich der in den Exkrementen der Seevögel enthaltene phosphorsaure Kalk im Zustande feinster Zerteilung befindet. Zur Zerstörung der dem Guano anhängenden organischen Stoffe und Entfernung des Wassers, muss derselbe vor seiner Anwendung geglüht werden, wobei man nach Schür folgendermassen verfährt: 3 bis 5 cm des gedachten Guano werden zum Brennen an

die leere Stelle eines Hafens im Temperofen geschüttet; nach 6 bis 8 Stunden wird die Lage von der Mitte aus mit einer Eisenstange aufgebrochen, damit die Masse gleichmässig durchbrenne. Wenn der Ofen sehr heiss ist, so brennt sich der Guano vollkommen weiss, nach dem Abkühlen wird das Pulver gesiebt, wobei man die etwa im Siebe zurückbleibenden Knötchen zerreibt und zerdrückt, wonach die Guanoasche zur sofortigen Anwendung bereit ist.

Statt des Guano würde man auch andere phosphorsaure Salze, die als Mineralien in der Natur vorkommen, verwenden können, wie Apatit, Sombrerit und Phosphorit, sofern diese in genügend reinem Zustande sich billiger würden beschaffen lassen als der Guano.

Was die Wirkungsweise des Flussspats anlangt, so ist dieselbe bis jetzt noch nicht vollkommen erklärt. Es scheint allerdings, dass von einem Flussspatzuschlage, welcher dem Glassatze beigegeben wurde, nur ein sehr geringer Teil unzersetzt in das Glas übergeht, so dass also ein derartiger Zuschlag auch nur von geringem direkten Einfluss auf die Schmelzbarkeit des Glases sein kann. Wenn trotzdem in der Praxis des Glashüttenbetriebes es nicht gar zu selten vorkommt, dass ein Fabrikant ohne einen Zuschlag von Flussspat zu seinem Gemenge nicht glaubt bestehen zu können, weil ohne denselben die Schmelzkosten zu bedeutend werden, so wird in solchen Fällen eine genauere Untersuchung der obwaltenden Verhältnisse lehren, dass die 49 Prozent Fluor, welche der Flussspat enthält und welche, indem der Kalk desselben in das Gemenge eingeht, frei werden, ihrerseits wieder mit 40 Teilen Kieselsäure aus dem Gemenge sich zu Fluorkiesel verbinden und als solcher sich verflüchtigen. Ist nun der Flussspatzuschlag relativ genommen kein zu unbedeutender, so wird durch diese Vorgänge allerdings eine Veränderung in der chemischen Zusammensetzung des Gemenges herbeigeführt, welche die leichtere Schmelzbarkeit genügend erklärt. Indessen würde man selbstverständlich in solchen Fällen auf einfachere Weise dasselbe Ziel zu erreichen vermögen, wenn man den Gehalt des Gemenges an Kieselsäure (Sand) von vornherein entsprechend erniedrigen und den Kalkzusatz ebenso erhöhen würde.

4. Baryt und Strontian.

Beide kommen in der Natur sowohl als schwefelsaure, wie auch als kohlensaure Salze vor, ersterer als Schwerspat und Witherit, letzterer als Cölestin und Strontianit. Während die verhältnismässige Seltenheit der strontianhaltigen Mineralien, deren ausgebreitetere Anwendung in den Gemengen kaum möglich erscheinen lässt, sind die Barytsalze, weniger der kohlensaure, mehr der schwefelsaure häufig zu finden. Ausserdem ist der schwefelsaure, sowohl wie der kohlensaure Baryt in Gestalt feinster Pulver als Abfallprodukt gewisser chemischer Fabriken leicht erhältlich; diese Präparate zeichnen sich durch grosse Reinheit aus, indessen kommt auch der Schwerspat, nicht so der Witherit in ausgezeichneter Qualität in der Natur vor, so dass er für die feinsten Gläser geeignet ist. Selbstverständlich muss bei der Verwendung des schwefelsauren Salzes eine entsprechende Menge Kohle behufs der Reduktion desselben zugegeben werden. Ein fertiges Gemenge aus ge-

mahlenem Schwerspat und Holzkohle ist hier und da unter der Bezeichnung „Tafelglaskomposition" mit dem Bemerken, dass dasselbe Kalk und Soda zu ersetzen vermöge, im Handel vorgekommen. Kann der Baryt auch nicht ohne weiteres als Ersatzmittel der allkalinischen Flussmittel angesehen werden, so vermag er doch insofern eine Ersparnis an diesen herbeizuführen, als das Glas um so leichter schmelzbar wird, je grösser die Anzahl der in demselben enthaltenen Basen ist. Bei einem Barytzusatze zum Gemenge wird man also unbeschadet der Leichtschmelzigkeit des letzteren an den übrigen Flussmitteln, d. h. also vorzugsweise an Alkalien sparen können.

Schon Döbereiner hat*) die Verwendung des Baryts und Strontians in der Glasfabrikation vorgeschlagen, aber verarbeitet wurde er wohl zuerst von zwei Glashütten in der Nähe von Valenciennes, welche ihn irrtümlich für Kalkspat gehalten hatten. Auch in der Glashütte St. Juste sur Loire, sowie in den Fabriken von Jeaune in Paris und von Regout in Mastricht sind Schwerspate, sowohl wie Witherite vielfach verarbeitet worden**) und es wird ohne Zweifel die Praxis sich derselben immerhin mit Vorteil bedienen können, da die erzielten Gläser in bezug auf hohes spezifisches Gewicht und grosses Lichtbrechungsvermögen den Bleigläsern sehr nahe kommen, während sie gleichzeitig von mehrfachen Mängeln dieser frei sind.

5. Blei.

Das Blei wird fasst ausschiesslich als Mennige angewendet, eine Verbindung von 2 Aeq. Bleioxyd mit 1 Aeq. Bleihyperoxyd $= 2 PbO$ PbO_2 oder $Pb_3 O_4$. Man kann sich zwar auch des im Handel unter dem Namen Silberglätte, Bleiglätte oder schlechtweg Glätte oder Massikot vorkommenden ziemlich reinen Bleioxyds (PbO) bedienen, nur läuft man dabei Gefahr, infolge der Reduktion von Blei bei etwaiger Anwesenheit von organischen Stoffen, auch von Russ und Rauch ein dunkles, selbst schwarzes Glas zu erhalten. Bei Mennige, wo eine solche Reduktion ebenfalls eintreten kann, wird der Fehler durch den beim Schmelzen aus dem Bleihyperoxyd frei werdenden Sauerstoff wieder gut gemacht.

Die Mennige bildet ein schweres Pulver von feurigroter etwas ins Orange spielender Farbe. Beim Erhitzen nimmt sie eine dunkele beinahe schwarze Farbe an; stärker erhitzt zerfällt sie in Bleioxyd und Sauerstoffgas. Mit Salpetersäure oder Essigsäure behandelt lösst sie sich zum Teil auf, braunes Bleihyperoxyd zurücklassend; mit Schwefelsäure bildet sie unter Abgabe von 1 Aeq. Sauerstoff weisses schwefelsaures Bleioxyd. Sie dient hauptsächlich zur Darstellung von Kristall und Strass, für welche Zwecke sie von Eisen, Kupfer und Zinn frei sein muss; zuweilen kommt sie mit Ziegelmehl verfälscht vor, dies, sowie die oben genannten Verunreinigungen entdeckt man, wenn man eine kleine Probe etwa 5 g in einem Porzellantiegel stark glüht und dann mit Salpetersäure behandelt. War sie frei von Zinnoxyd und Zie-

*) Vergl. Anal Phys. et Chem. 15. 242.

**) Muspratt, 3. 228.

gelmehl, so löst sie sich vollständig auf und man hat die Lösung nur noch auf Kupfer und Eisen zu untersuchen, was in der Weise geschieht, dass man die Flüssigkeit in zwei Teile teilt, den einen mit Blutlaugensalz versetzt, während man in den andern ein blankes Stückchen Eisen, etwa eine Messerklinge kurze Zeit eintaucht. War Eisen vorhanden, so gibt Blutlaugensalz eine blaue Färbung, Kupfer aber überzieht die eingetauchte Messerklinge mit einem roten Häutchen. Man muss bei diesem Versuche darauf sehen, dass die Flüssigkeit kaum schwachsauer sei. Nach einem andern Verfahren prüft man die Mennige, indem man eine kleine Menge auf einem Porzellanscherben schmilzt; war sie gut, so hat die geschmolzene Masse eine hellgelbe, war sie kupferhaltig, eine grüne Farbe. Auch vor dem Lötrohr lässt sich die Mennige prüfen; in dieser Absicht bringt man einen kleinen Teil davon in eine in die Holzkohle gemachte Vertiefung und lässt die Reduktionsflamme der Lampe darauf einwirken; die Mennige gibt alsdann ein Korn von metallischem Blei, während die fremden Oxyde als rötlicher Anflug auf der Kohle zurückbleiben.

Es kommen nicht selten noch andere Metalle, wie Mangan, Antimon, Silber, Gold u. s. w. in der Mennige vor, die nachteilig auf die Färbung des Glases einwirken würden, man darf daher zur Darstellung der Mennige nur das beste und reinste Blei, aus Kärnten, England, Spanien, Belgien oder vom Harze verwenden und muss bei der Oxydation die ersten und letzten Produkte aushalten und nur die mittlern, die allein das reinste, am wenigsten färbende Oxyd liefern, in Mennige verwandeln.

Man bedient sich zur Herstellung der Mennige gewöhnlich eines Ofens mit 2 Etagen; in der unteren, heissesten, oxydiert man das Blei zu Massikot, indem man die auf der Oberfläche des Bleibades sich bildende Oxydhaut beständig abzieht und sorgfältig darauf achtet, dass die Hitze nicht bis zum Zusammenbacken des Massikotpulvers sich steigere, weil dessen Ueberführung in Mennige dann nur schwierig zu bewerkstelligen ist. Der Massikot wird sodann durch Schlämmen von beigemengtem metallischen Blei gereinigt und im oberen Stockwerke des Ofens durch die aus dem unteren entweichende heisse Luft weiter erhitzt. Man breitet dabei entweder den Massikot auf der Sohle des Ofens aus und rührt von Zeit zu Zeit mit Krücken um, oder man bringt ihn auch in flachen Kasten von Eisenblech in den Ofen. Zuweilen aber hat man auch nur einen einfachen Ofen, in welchem zunächst die Kalcination des Bleis vorgenommen wird; dann stellt man die mit dem Massikot gefüllten Kasten übereinander in dem noch heissen Ofen auf und verschliesst die Thüren. Nach dem Erkalten des Ofens ist die Umwandlung des Massikots in Mennige gewöhnlich noch nicht vollständig erfolgt, weshalb man genötigt ist, das Verfahren noch einmal zu wiederholen, wenn man Mennige von guter Qualität erhalten will.

Da die Mennige immer ziemlich hoch im Preise steht, so hat man versucht sie durch schwefelsaures Bleioxyd zu ersetzen, welches in manchen Industriezweigen als Nebenprodukt gewonnen wird und darum billig zu haben ist. Seine Anwendung erfordert jedoch grosse Vorsicht, weil, indem sich ein Zusatz von Kohle nötig macht, leicht etwas Blei

reduziert und das Glas hierdurch geschwärzt wird. Nach Kraft geben 1 Aeq. schwefelsaures Bleioxyd (151,5 Teile) 3 Aeq. Kieselsäure (90 Teile) und $^1/_2$ Aeq. Kohle (3 Teile), mit einem gewissen Verhältnis Glasbruch zusammengeschmolzen, ein gutes Kristallglas.

Die Bleisilikate äussern auf die thönernen Schmelzgefässe denselben zerstörenden Einfluss wie die Kalksilikate; in betreff der Schmelzbarkeit des Glases ist jedoch die Wirkung des Bleioxyds der des Kalks gerade entgegengesetzt, indem es dieselbe im hohen Grade erleichtert und zwar um so mehr, in je grösserer Menge es zugesetzt wird.

Die bleihaltigen Gläser werden stets mit Kali, niemals mit Natron angefertigt; sie sind, wenn die richtigen Verhältnisse eingehalten werden, vollkommen farblos, sie fallen aber gelblich aus, wenn das Bleioxyd überwiegend ist.

6. Zink.

Das Zinkoxyd, im Handel Zinkweiss genannt, ist schon vor mehr als 30 Jahren versuchsweise in die Glasfabrikation eingeführt worden. Im Handel kommen mehrere Sorten von Zinkweiss vor, die zum Teil mit Schwerspat oder *Blanc fixe* gemengt sind; zur Glasfabrikation darf man nur das reinste und beste Zinkoxyd wählen; es muss sich vollständig und ohne Aufbrausen in Salpetersäure lösen; die letztere Erscheinung (Aufbrausen) würde eine Verfälschung mit Kreide vermuten lassen. Sein Preis ist wesentlich geringer als der der Mennige, so dass es mit Rücksicht auf sein niedriges Aequivalent, vermöge dessen 40,6 Teile Zinkoxyd 111,5 Teile Bleioxyd zu ersetzen vermögen, einen zweifachen ökonomischen Vorteil gewähren würde. Wagner empfiehlt für gewöhnliches Glas eine Gemenge von Zinkblende (Schwefelzink) und Glaubersalz (50 Teile Zinkblende, 70 Teile wasserfreies Glaubersalz). Hierbei zersetzt der Schwefel des Schwefelzinks die Schwefelsäure des Glaubersalzes in der Weise, dass schweflige Säure entweicht und das Zink oxydiert wird, so dass Natron und Zinkoxyd sich mit der Kieselsäure verbinden können. Wahrscheinlich würde sich auch Galmei, ein Name unter welchem man sowohl kieselsaures wie kohlensaures Zinkoxyd versteht, in der Glasfabrikation anwenden lassen.

Wir haben schon an einer früheren Stelle die Analyse eines von Maës zu Clichy bei Paris dargestellten zinkoxyd- und borsäurehaltigen Crownglases mitgeteilt, welchem s. Z. der Optiker Ross in London bezüglich der Güte und Brauchbarkeit ein vorzügliches Zeugnis ausstellte. Gefässe aber aus diesem Glase, welche 1851 auf der Londoner Ausstellung zu sehen waren, erschienen zwar an und für sich untadelhaft, aber nur im Vergleiche mit guten Kalkgläsern, während sie an Qualität dem Bleikristall weit nachstanden.

7. Bor.

Die Borsäure und der Borax zweifach borsaures Natron finden hauptsächlich nur in der Darstellung von Strass und optischen Gläsern, sowie der von Flüssen in der Emailmalerei Anwendung. Die hierbei entstehenden bor-kieselsauren Verbindungen besitzen eine grössere

Schmelzbarkeit als jede derselben für sich und geben überdies auch farblose Gläser, was bei Anwendung von einem kieselsauren oder borsauren Satze allein nicht der Fall ist. So ist z. B. sowohl das kieselsaure, wie auch das borsaure Bleioxyd hinreichend schmelzbar, allein sie zeigen eine um so entschiedener gelbe Färbung, je mehr sie mit der Base gesättigt sind.

Die Borsäure wie auch der Borax kommen von hinlänglich reiner Beschaffenheit im Handel vor, letzterer in zwei Sorten, von denen die eine der prismatische Borax 10 Aeq. Wasser, die andere der oktaedrische oder Rindenborax nur 5 Aeq. Wasser enthält, worauf man beim Ankauf und bei der Verwendung zu achten hat; 100 Teile des erstern sind etwa nur ebensoviel wert als 76,5 Teile des letztern und ebenso verhält es sich auch mit ihrer Leistungsfähigkeit.

Gewonnen wird der Borax hauptsächlich entweder durch Sättigen toskanischer Borsäure mit kohlensaurem Natron oder aus dem Natronborokalcit, einer Verbindung von zweifach borsaurem Natron mit anderthalbfach borsaurem Kalk. Die erstere Arbeit wird entweder auf nassem Wege ausgeführt, indem man Lösungen beider Materialien in passenden Verhältnissen zusammenbringt und nach gehörigem Abdampfen kristallisieren lässt, oder auch auf trockenem Wege durch Zusammenschmelzen von Borsäure mit Soda. Das Produkt der letzteren Arbeit ist dem der ersteren im allgemeinen vorzuziehen, weil durch den Schmelzprozess etwa vorhandene organische Substanz zerstört wird, von welcher der auf nassem Wege gewonnene Borax, ebenso wie der natürliche, oft nicht frei ist. Der Natronborokalcit wird gemahlen, durch Schlämmen und Auswaschen von beigemengtem Gips und Kochsalz gereinigt, am zweckmässigsten mit Salzsäure zerlegt und die aus der geklärten Lösung beim Abkühlen sich ausscheidende Borsäure, wie vorstehend angegeben, in Borax übergeführt.

8. Sonstige in der Glasfabrikation als Flussmittel angewendete Materialien.

a) Gesteine (Mineralien).

Es kommen in der Natur viele Gesteine vor, welche an sich schon eine dem Glase mehr oder weniger sich nähernde Zusammensetzung haben, so dass es nahe gelegt ist sich ihrer bei der Darstellung von Glas zu bedienen. Vorzugsweise sind hierher die Trachytgesteine, Perlit, Obsidian, Bimsstein, Trachyt und Trachytporphyr mit ihren zahlreichen Unterarten, Phonolit, die Basalte, sehr viele Laven, Granit, Porphyr, Glimmer, Feldspate u. s. w. zu rechnen.

Da manche Glasfabriken Gelegenheit haben dürften, sei es von dem einen oder anderen der genannten Gesteine Anwendung machen zu können, so mögen einige Analysen derselben hier eine Stelle finden.

Trachyte.

	Berthier. Puis de Dome.	Berthier. Pertius.	Abich. Drachenfels,	Bunsen Island.
Kieselsäure	65,5	61,6	67,1	76,67
Thonerde	20,0	19,2	15,6	14,23 Thonerde u. Eisenoxyd
Kali	9,1	11,5	3,6	3,20
Kalkerde	2,2	—	4,2	1,44
Bittererde	—	1,6	1,0	0,28
Eisenoxyd	3,0	4,2	4,6	—
Titansäure	—	—	0,4	—
Manganoxydul	—	—	0,2	—
Natron	—	—	5,1	4,18
Wasser	—	2,0	0,5	—
	99,8	100,1	102,3	100,00

Perlite, Perlstein.

	Von Tockay nach Klapproth.	Kliniker Thal. Ficinus.	Kliniker Thal. Erdmann.	Sphärulit von Spechthausen. Erdmann.	Island.
Kieselsäure	76,25	79,12	72,87	68,53	74,83
Thonerde	12,00	12,00	12,05	11,00	13,49
Kali	4,56 }	3,58	6,14	3,40	Spur
Natron	— }				5,56
Kalkerde	0,50	—	1,30	8,33	1,98
Bittererde	—	1,10	1,75	1,30	0,17
Eisenoxyd	1,60	2,45	3,00	4,00	4,40
Manganoxyd	—	—	—	2,30	—
Wasser	4,50	1,76	1,10	0,30	—
	99,41	100,01	98,20	99,16	100,43

Obsidiane.

	Moldauthein in Böhmen. Klaproth.	Moldauthein in Böhmen. Erdmann.	Teneriffa.	Procida. Abich.	Lipari.
Kieselsäure	88,50	82,70	60,52	62,70	74,05
Thonerde	5,87	9,40	19,05	16,98	12,97
Kali	—	—	3,50	4,35	5,11
Natron	—	2,45	10,63	6,09	4,15
Kalk	2,00	1,21	0,59	1,77	0,12
Bittererde	—	1,21	0,19	0,82	0,28
Eisenoxyd	1,75	2,61	4,22	4,98	2,73
Manganoxydul	—	1,30	0,83	0,39	—
Wasser	—	—	Titans. 0,66	0,52	0,22
	98,12	100,88	100,19	98,60	99,63

Feldspate.

	Dorotheenaue bei Karlsbad.	Fleischfarbiger Feldspat von Semnitz.	Drachenfels. (Berthier)	Aue in Böhmen.
Kieselsäure	64,50	66,75	66,6	57,06
Thonerde	19,75	17,50	18,5	25,88
Kali	11,50	12,00	8,0	9,65
Kalkerde	Spur	1,25	1,0	1,03
Eisenoxyd	1,75	1,75	0,6	Wasser 6,76
Natron	—	—	4,0	—
	94,50	99,25	98,7	100,37

	Glasiger Feldspat von Dransfeld bei Göttingen.	Fleischroter Feldspat von Martersberg bei Marienberg.	Freiberg.	Feldspat von Schwarzbach Schlesien.
Kieselsäure	64,86	66,43	65,52	67,20
Thonerde	21,46	17,03	17,61	20,03
Kali?	1,62	13,96	12,98	8,85
Natron	10,29	0,91	1,70	5,06
Kalkerde, Bittererde	} Spur	Kalkerde 1,03	0,94	0,52
Eisenoxyd		0,49	0,80	0,18
	98,23	99,85	99,55	101,84

Wie Leng mitteilt erhielt schon im Jahre 1818 Jäckel in Wien ein Privilegium auf die Verwendung von Feldspat zur Glasfabrikation, speziell zur Herstellung von weissem Hohlglas und Solinglas*) und der Glashüttenbesitzer Kiesling in Zwiesel im bayrischen Walde stellte aus feldspathaltigen Gemengen, welche sehr gut schmolzen, Fensterglas her, dass aber grosse Neigung zum Entglasen zeigte.

Bimsstein.

	1 Vom Kruster-Ofen beim Laacher See.	2 Von Neuwied.	3 Von Engers.	4 Von Giffelberg bei Marburg.
Kieselsäure	57,89	56,47	50,06	58,02
Thonerde	19,12	19,40	18,34	12,95
Kali	9,23	11,17	4,49	1,87
Natron	6,65	3,12	5,85	0,13
Kalk	1,21	0,67	1,29	1,92
Bittererde	1,10	0,72	1,17	1,18
Eisenoxyd	2,45	3,54	2,89	9,51
Wasser	2,40	5,24	15,06	15,02
	100,05	100,33	99,15	100,60

Sämtliche Analysen sind von Schmidt**).

---

*) Ein weisses, viel Kali enthaltendes, sehr weiches Glas für Uhrgläser Barometer- und Thermometerröhren etc.

**) Journal für prakt. Chem. 54. 16.

	5 Von Teneriffa.	6 Von Ischia.	7 Von Santorin.	8 Von Lipari.
Kieselsäure	60,79	62,29	69,79	73,70
Thonerde	16,43	16,89	12,31	12,27
Kali	2,97	3,98	2,02	4,73
Natron	11,25	6,21	6,69	4,52
Kalk	0,62	1,24	1,68	0,65
Bittererde	0,79	0,50	0,68	0,29
Eisenoxyd	4,26	4,15	1,80	2,31
Manganoxydul	0,23	Spur	—	—
Titansäure	1,46	—	—	—
Wasser und Chlor	0,53	3,89	2,85	1,53
	99,33	99,15	97,81	100,00

sämtlich von Abich analysiert.

Basalte.

	1	2	3	4	5	6	7*)
Kieselsäure	55,76	45,47	45,98	43,4	45,57	37,43	45,9
Thonerde	14,26	10,16	9,68	12,2	10,56	13,16	16,2
Kali	—	2,47	0,85	0,9	1,44	—	1,2
Natron	1,10	3,37	2,70	2,7	1,90	2,08	3,6
Kalk	6,00	10,52	11,80	11,3	9,37	11,62	10,3
Bittererde	7,69	4,53	7,39	9,1	11,27	2,88	6,3
Eisenoxydul	12,26	13,98	13,89	12,1	11,13	10,29	13,0
Eisenoxyd			8,09	3,5	3,07	7,50	
Manganoxyd	0,10	0,08	—	—	0,12	—	0,3
Strontian	0,10	—	—	—	0,04	—	—
Titansäure	—	2,67	—	—	—	Kohlens. 9.61	1,0
Wasser	3,70	4,40	0,75	4,4	3,07	6,09	2,4
	100,27	97,65	101,18	99,1	97,54	100,66	100,2

Wenn auch wohl die wenigsten Basalte schon für sich allein sich zu Glas zusammenschmelzen und verarbeiten lassen, so dürften sie sich doch in vielen Fällen, wenn man ihnen, ihrer Zusammensetzung entsprechende Zuschläge gäbe, sehr gut zur Darstellung von ordinären, mehr oder weniger dunkelgefärbten Gläsern eignen und häufigere Anwendung verdienen, als dies bis jetzt der Fall gewesen zu sein scheint.

So soll nach Muspratt**) auf einer Glashütte bei Lamspringe mit gutem Erfolge Basalt vom hohen Hagen in wechselnden Mengen, je nach der Qualität des zu verschmelzenden Glases, den Glassätzen zugeschlagen werden. Die Sätze für schwarze Gläser, welche zum Aufbe-

*) 1. vom Meissner (von Gräger). 2. aus der Nähe von Wetzlar (von Gmelin). 3. Bollenreuth (von Rammelsberg). 4. Kammerbühl bei Eger in Böhmen (von Ebelmen). 5. Basalt von Engelhaus bei Karlsbad (von Rammelsberg). 6. Oberrassel bei Bonn (von Bergmann). 7. Basalt von Linz am Rhein (von Ebelmen.)

**) Bd. 3, 233.

wahren solcher Chemikalien dienen sollen, welche durch die Einwirkung des Lichtes zersetzt werden, erhalten einen sehr bedeutenden Basaltzusatz, schmelzen leicht und lassen sich gut verarbeiten.

Laven.

Die Zusammensetzung der Laven würde dieselben ebenfalls zur Benutzung in der Glasfabrikation sehr geeignet machen, allein ihr Vorkommen ist, wenigstens in Deutschland, ein sehr beschränktes, so dass sie für unsere Zwecke kaum in Betracht kommen.

Die Lava von Niedermennig am Laacher See (1) ist von Bergmann, der rheinische Trass (2) von Illgner untersucht worden.

	1		2
Kieselsäure	46,26		48,94
Thonerde	16,42		18,95
Eisenoxydul	4,01		—
Eisenoxyd	2,63		12,34
Kalk	3,79		5,41
Natron	6,97		3,56
Kali	1,96		0,37
Magnesia u. Manganoxydul	2,23	Magnesia	2,42
Phosphorsäure	1,80	Wasser	7,65
Magneteisen	13,27		—
	99,34		99,64

Einen interessanten Fall bezüglich der Anwendung einer Lava zur Glasfabrikation teilt Dumas mit. „Als Chaptal im Jahr 1780 Professor der Chemie in Montpellier war, machte er den Vorschlag, Lava anzuwenden. Ducros, Glashüttenbesitzer in der Gegend von Alais, schmolz mit Steinkohle die Lava des ausgebrannten Kraters von Montferrier ohne irgend welchen Zusatz und fertigte einige Flaschen daraus an. De Castleviel, ein anderer Fabrikant, schmolz mit Holz ein Gemenge von Sand, Lava und Natron und erhielt so leichtere und dauerhaftere Flaschen als die auf gewöhnliche Weise fabrizierten. Diese Bouteillen waren so gesucht, dass man kaum die eingehenden Bestellungen ausführen konnte. Allein nachdem die Hütte so vier Jahre gearbeitet hatte, glichen die Flaschen den früheren nicht mehr, das Geschäft verlor seinen Ruf und man kehrte zur alten Methode zurück. Man arbeitete damals also mit einer andern Lava als zu Anfang. Hätte dem Fabrikanten ein Chemiker zur Seite gestanden, so würde durch eine Analyse leicht der Fehler gefunden und durch eine passende Veränderung der Mischung wieder gut gemacht worden sein, während in diesem Falle ein Industriezweig, der so glänzend begonnen hatte, ein trauriges Ende nahm."

Auch ein den Laven sehr ähnliches Material, wie manche Hochofenschlacken es bieten, wird hier und da zur Glasfabrikation benutzt. Betrachtet man die nachstehenden Analysen solcher Schlacken

	Von Rübeland am Harze nach Meyer.	Von Ilsenburg nach Donnenberg.
Kieselsäure	57,75	57,20
Thonerde	12,83	7,60
Kalk	21,65	23,85
Eisenoxydul	1,30	2,65
Magnesia	2,48	2,35
Alkalien	4,14	4,55
Manganoxydul	Spur	1,30
	100,15	99,50

so überzeugt man sich leicht, dass dieselben mit einem entsprechenden Zusatze von Sand und Alkali verschmolzen ein brauchbares Glas liefern werden.

Granit.

Der Granit bildet bekanntlich ein sehr häufig vorkommendes Gestein und ist wesentlich ein kristallinisch-körniges Aggregat aus Feldspat, Quarz und Glimmer, von welchen drei Gemengteilen der erstere vorwaltend, der letztere untergeordnet zu sein pflegt. Es scheint nicht, als ob der Granit seitens der Glasfabrikanten diejenige Beachtung gefunden hätte, die er offenbar verdient und doch wird er von einzelnen Hütten, so namentlich von der Fabrik von Fr. Siemens in Dresden in bedeutenden Quantitäten verarbeitet. Seine Hauptbestandteile sind auch die Hauptbestandteile des Glases und der reiche Alkaligehalt sowohl des Feldspats (Albit und Orthoklas) sowie auch des Glimmers, würden auf diese Weise die beste und natürlichste Verwendung finden; es kommt noch hinzu, dass die meisten der genannten Materialien sehr wenig Eisen enthalten, so dass wahrscheinlich auch das mittels Granit dargestellte Glas von ziemlich heller Farbe sein würde. Nur müsste ein Chemiker zur Seite stehen, der, um die Natur und Menge der nötigen Zusätze bestimmen zu können, den zur Disposition stehenden Granit sowohl, wie das produzierte Glas von Zeit zu Zeit auf seine Zusammensetzung untersuchte; auch darf hier darauf hingewiesen werden, dass der Alkaligehalt im Feldspat wie im Glimmer nicht selten bis auf 14 Prozent steigt. So würde man z. B. dem Feldspat von St. Gotthard (Adular), welcher in 100 Teilen aus

Kieselsäure	65,75
Thonerde	18,28
Eisenoxyd, Kalk, Magnesia . . .	Spuren
Kali	14,17
Natron	1,44
	99,64

besteht, nur noch etwa 10 Prozent Kalk zuzufügen brauchen, um durch Zusammenschmelzen der Materialien ein Glas von der gewöhnlichen Zusammensetzung zu erhalten; ähnlich so beim Glimmer. Es würde also

beim Granit nur noch der Quarz zu berücksichtigen und ihm etwa der 6. Teil Kali oder Natron und der 7. Teil Kalk zuzusetzen sein. Die Schwierigkeit der Anwendung von Granit in der Glasfabrikation liegt hauptsächlich in seiner wechselnden Zusammensetzung, unter Hinzuziehung eines Chemikers ist sie jedoch nicht unüberwindlich; und welche Ersparnisse an Alkali würde damit verbunden sein!

Porphyr.

Man unterscheidet von Porphyr sehr verschiedene Arten und sein Vorkommen, in der einen oder der andern Modifikation, gehört durchaus nicht zu den Seltenheiten. Ihrer Zusammensetzung nach sind die Porphyre noch wenig untersucht; man weiss aber doch so viel, dass ihre Grundmasse dieselben Bestandteile enthält wie der Granit; ausserdem finden sich in dieser Grundmasse eingesprengt Orthoklas, Oligoklas oder Albit, Quarz und Glimmer, alles Mineralien, deren Bestandteile auch im Glase enthalten sind und in richtigen gegenseitigen Verhältnissen durch Zusammenschmelzen Glas bilden. Es unterliegt also auch wohl keinem Zweifel, dass sich die Porphyre sehr gut in der Glasfabrikation würden anwenden und dadurch grosse Mengen von Alkalien ersparen lassen.

b) Glasbrocken.

Hiermit bezeichnet man alle während der verschiedenen Operationen der Glasfabrikation vorkommenden Glasabfälle, sowie auch die von den Glashütten aufgekauften Glasscherben.

Diese Glasabfälle werden durch Waschen und Abspülen von allem anhängenden Schmutz befreit und je nach dem Gemenge, von welchem sie abstammen, sorgfältig sortiert, in besondern Kästen aufbewahrt und deutlich signiert. Die von den Pfeifen abfallenden Brocken, die sogenannten Näbel, dürften nicht verarbeitet werden; hat man davon eine gewisse Qantität aller fabrizierten weissen Glassorten für sich allein angesammelt, so verschmelzt man dieselben mit einer gewissen Menge einer Komposition, die aus

1 g kohlensaurem Kobaltoxyd,
10 g kieselsaurem Nickeloxydul,
20 g Zinkoxyd,
200 g feinstem Braunstein und
250 g Spat, d. h. kohlensaurem Kalk,

besteht*).

Die Verwendung der Glasbrocken bietet mehr Vorteile, als manche Fabrikanten zu glauben scheinen; viele halten dieselbe sogar geradezu für zu kostspielig. Sie tragen aber wesentlich zur besseren Konservation der Glashäfen und Ofengewölbe bei und verhüten auch eine zu starke Verflüchtigung von Alkali, indem das Gemenge, d. h. der Glassatz einer bei weitem höhern Temperatur bedarf, um in Fluss zu ge-

*) Dr. Schür, die Praxis der Hohlglasfabrikation, Seite 45.

raten, als das fertige Glas und bevor noch die Verbindung zwischen der freien Kieselsäure und dem Kalk und Alkali stattgefunden, hat sich von letztern bereits ein Teil verflüchtigt. Sind dagegen Glasbrocken vorhanden, so schmelzen diese bei einer weit niedrigeren Temperatur und das geschmolzene Glas hüllt nicht nur die Alkalien ein, sondern ist auch fähig sie zu lösen, so dass also ein basisches Silikat entsteht, welches seinerseits auch wieder eine grössere Auflösungsfähigkeit für die Kieselsäure besitzt und diese erhöhte Schmelzbarkeit der Masse hat auch eine Abkürzung des Schmelzprozesses und eine Ersparnis an Brennmaterial zur Folge.

Dieser Vorteile geht man teilweise verlustig, wenn man, wie es sehr häufig geschieht, die Brocken gegen das Ende des Läuterungsprozesses in die Häfen bringt, um dieselben bis an den Rand anzufüllen; richtiger ist es daher jedenfalls, sie, wie es Schür verlangt, Schaufel um Schaufel mit dem Gemenge einzutragen, wobei man zu seiner Rechten einen Kasten mit den Glasmaterialien, zu seiner Linken einen solchen mit Glasbrocken stehen hat.

c) Schmelzglas oder Kalcine.

Viele österreichische, wie auch böhmische Glashütten erzeugten früher, einige wohl auch heute noch, gegen das Ende einer Kampagne, wenn der Ofen so schlecht geworden, dass er zum Glasschmelzen vorteilhaft nicht mehr dienen konnte oder auch während der Festtage, aus einem Gemenge von Sand und Asche nach gewissen Verhältnissen ein sehr leichtflüssiges Glas. Man besprengt zuerst die Asche mit Wasser und mengt sie dann mit dem Sande; man schichtet das Ganze in Haufen, lässt es einige Monate liegen und schmelzt es dann in Häfen. Sobald die Masse geschmolzen ist, schöpft man sie mit dem Löffel aus und giesst sie in kaltes Wasser. Indem man das Schmelzen des abgeschreckten Glases, sowie das Abschrecken in Wasser mehrere Male wiederholt, erhält man ein sehr weiches Glas. Dieses Produkt, dem man den Namen „Schmelzglas" gegeben hat, pflegte man früher in grossen Massen darzustellen.

Auch auf Glashütten, welche anfingen Sulfat oder Kochsalz zu verarbeiten, ist das Verfahren, welches schliesslich nur als ein weitgetriebenes Fritten (siehe dieses) betrachtet werden kann ausgeführt worden. Damit die Masse nicht aus den Häfen stieg, trug man das Gemenge, welches aus 100 Teilen Sand, 100 Teilen Glaubersalz und 10 Teilen gepulverter Kohlen bestand, auf drei oder viermal ein, erhielt es 8 bis 10 Stunden in Fluss, goss es dann in Wasser aus und machte eine neue Schmelze. Am folgenden Tage schmolz man das während der Nacht bereitete Glas noch einmal, wozu etwa 6 Stunden gehören, schreckte es von neuem in Wasser ab und mahlte es, um es seiner Zeit dem Glassatze zuzusetzen.

So wurde auf einer österreichischen Hütte statt des gewöhnlichen Satzes von

100 Teilen Sand,
40 „ Sulfat,
30 „ Kalksteine,

2	Teilen	Kohle,
100	„	Glasbrocken

beim Verarbeiten des Schmelzglases ein Gemenge aus

150	Teilen	Sand,
45	„	Kalkstein,
200	„	Schmelzglas,
150	„	Glasbrocken

verschmolzen und es dauerte die Schmelze nur 15 bis 16 Stunden, statt 20 bis 22 Stunden, wenn man ohne Schmelzglas arbeitete. Das so dargestellte Glas läuterte sich sehr gut, zeigte sich beim Blasen weich und entglaste nicht gegen das Ende der Arbeit.

Das Kalcineschmelzen scheint in neuerer Zeit in der Weisshohlglasfabrikation vermehrte Anwendung zu finden, um die Schmelzdauer bei Sulfat abzukürzen, worüber L. Charlier*) interessante Einzelheiten veröffentlicht. Die Schmelze erforderte soviel Zeit, dass es unmöglich wurde, die Häfen in den zwölf Arbeitsstunden ganz auszuarbeiten, und versuchte man daher diesem Uebelstande durch ein vorläufiges Niederschmelzen des Sulfatgemenges in einem separaten Boëtiusofen mit 8 Häfen zu begegnen. Das Gemenge bestand aus

300	Teilen	Sand,
115	„	Sulfat,
80	„	Kalk,
6	„	Kohle

und die Häfen waren an ihrem unteren Ende mit einem Abstichloch, welches mit einem gusseisernen, wassergekühlten Pfropf geschlossen war, versehen, aus welchem das geschmolzene Kalcine mittels einer gleichfalls wassergekühlten Gussrinne in Wasser abgelassen werden konnte. Bei einem Verbrauche von 5000 kg Steinkohle in 24 Stunden liefert dieser Ofen 7500 bis 8000 kg Kalcine in drei achtstündigen Schmelzen. Das Produkt genügt zum Speisen von 3 ebenso grossen Weisshohlglasöfen und braucht in diesen zum Schmelzen und Blankschüren ebensoviel Zeit und Brennmaterial, wie dieselbe Quantität Sodagemenge, nämlich 2500 kg Steinkohlen in 24 Stunden. Was die Kosten anlangt, so betrugen dieselben für 2078 kg Sodaglas 166,64 Frs. für Gemenge und 55 Frs. für Kohlen, Löhne und Amortisation des Ofens, also in Summe 221,64 Frs. oder 10,64 Frs. für 100 kg. Dagegen kosteten 8000 kg Kalcine 211,69 Frs. für Gemenge und 90 Frs. für Nebenkosten, ein Drittel also, oder 2666 kg Kalcine in Summa 100,39 Frs. oder unter Zuziehung jener 55 Frs Nebenkosten für das Fertigmachen 155,39 Frs., so dass 100 kg sich zu 7,4G Frs. berechnen mit einer Ersparnis von 20 Prozent**).

*) Anal. industr. nach Sprechsaal 80. 432.

**) Man vergleiche hierzu das später über das Leuffgensche Projekt der Massenfabrikation von Rohglas Gesagte.

9. Färbungs- und Entfärbungsmittel.

Dass gewisse Metalloxyde die Eigenschaften besitzen, dem Glase, in welchem sie gelöst sind, verschiedene Farben zu erteilen, ist schon gelegentlich der Besprechung der Eisen- und Mangansilikate erwähnt worden. Die gewonnenen Färbungen sind aber nicht allein von der Natur des angewendeten Metalls, sondern sehr häufig auch von den einzelnen Oxydationsstufen ein und desselben Metalls, von der Menge des Zusatzes von der Temperatur und Dauer des Schmelzfeuers u. s. w. der Art abhängig, dass beispielsweise das Eisen, wie dies am angezogenen Orte bereits des Weiteren besprochen wurde, für sich allein die ganze Farbenreihe von Grün, Rot, Orange, Gelb, Blau erzeugen kann. Manche Oxyde färben die Glasmasse so intensiv, dass der erhaltene Farbenton selbst bei verhältnismässig geringer Stärke des Objekts für den beabsichtigten Zweck zu dunkel erscheint. In solchen Fällen überzieht man aus weissem Glase hergestellte Gegenstände mit einer dünnen Schicht farbigen Glases und nennt solche Gläser „überfangene."

Die zu dem genannten Zwecke am häufigsten angewendeten Metalle sind:

Kobalt als Oxyd,
Kupfer als Oxyd und als Oxydul,
Silber als Oxyd, als Chlorid und als Metall,
Mangan als Hyperoxyd (Braunstein) und als Oxydul,
Antimon als Oxyd sowohl, wie als Schwefelverbindungen,
Eisen als Oxyd und als Oxydul,
Chrom als Chromoxyd sowohl, wie als saures und neutrales chromsaures Kali.
Uran als Oxyd,
Gold als Chlorid und als sogenannter Cassiusscher Purpur.
Zinn als Oxyd.

Ausser diesen Substanzen dienen noch der bereits früher erwähnte phosphorsaure Kalk und der Schwefel oder vielmehr indirekt die zur Erzeugung von Schwefelverbindungen durch Reduktion schwefelsaurer Salze dienende Kohle zum Färben des Glases.

Die Reinheit, der Reichtum, die Lebhaftigkeit und der Glanz der Farbe sind von dem Grade der Reinheit des verwendeten Glases sowohl, als auch namentlich von den betreffenden Metallverbindungen abhängig.

Obgleich gegenwärtig der Handel die Metalloxyde von hinlänglicher Reinheit liefert, so sollte der Glasfabrikant mit der Herstellung derselben doch soweit vertraut sein, wie es zur Kenntnis ihrer Wirkungsweise und eventuell auch zur Prüfung ihres relativen Werts wünschenswert erscheint.

1) Kobaltoxyd *(CoO)*. Das im Handel vorkommende sogenannte Kobaltoxyd ist gewöhnlich eine Verbindung von Kobaltoxyd mit Kobaltoxydul, nach wechselnden Verhältnissen mit Kobaltoxydul gemengt. Man stellt es auf die Weise dar, dass man die Kobalterze, je nachdem dieselben vorwiegend Arsen- oder Schwefelverbindungen enthalten, Speis- oder Glanzkobalte genannt, oder auch arsen-, kobalt-, nickelhaltige Hüt-

tenprodukte, sogenannte Speisen, zunächst gut röstet, dann recht fein pulvert und unter Zusatz von etwas kalciniertem Eisenvitriol und Natronsalpeter in einen Tiegel einträgt, in welchem zweifach schwefelsaures Kali in feurigem Flusse sich befindet. Man erhitzt so lange, bis keine weissen Nebel mehr erscheinen, d. h. bis der Tiegel nur noch einfach schwefelsaure Salze enthält, lässt erkalten, zerschlägt die Schmelze, pulvert sie und kocht sie wiederholt mit Wasser aus. In der roten Lösung finden sich hauptsächlich schwefelsaures Kobaltoxydul und schwefelsaures Kali. Die durch Absetzen geklärte Flüssigkeit giesst man vom Bodensatze ab, fällt das Kobalt durch kohlensaures Kali, wäscht den Niederschlag gut, trocknet und glüht gelinde. So erhält man ziemlich reines Kobaltoxydul.

Das im Handel vorkommende Kobaltoxyd ist bald mehr, bald weniger rein; nach seinem Gehalte bezeichnet man es als feines Kobaltoxyd *KF.*, als mittelfeines *KM.*, und als ordinäres *KO.* Zum Färben des Glases ist das reichhaltigste das beste.

Das den Namen Kobaltsafflor (Zaffer) führende Produkt enthält als Hauptbestandteil abgeröstete Kobalterze, bestehend aus Kobaltoxyd und Kobaltoxydul, etwas Nickeloxyd, Eisenoxyd etc. Dieses Gemenge wird gewonnen durch möglichst vollständiges Abrösten der hinreichend reinen Kobalterze; nach seiner Reinheit wird es als ordinärer, mittlerer und feiner Safflor in den Handel gebracht und von den Fabriken mit *OS, MS, FS* und *FFS* bezeichnet. Während man sich früher ausschliesslich des Zaffers, später der Schmalte, eines durch reichlichen Kobaltgehalt intensiv blau gefärbten Glases, dessen Darstellung wir später noch kennen lernen werden, bediente, benutzt man jetzt hauptsächlich das reine Kobaltoxyd, wodurch das Erreichen bestimmter Nüancen in der Farbe der Gläser gegenüber der Verwendung der übrigen, in ihrem Gehalte an reinem Kobalt sehr veränderlichen, oft durch anders färbende Oxyde verunreinigten Kobaltpräparate sehr erleichtert wird.

2) Kupferoxydul. Am besten stellt man dasselbe nach einer von Böttger gegebenen Vorschrift dar, indem man gesättigte Kupfervitriollösung in überschüssige Kalilauge giesst, den Niederschlag absetzen lässt, auswäscht und auspresst. Das noch feuchte Hydrat verteilt man in der siebenfachen Gewichtsmenge Wasser, nachdem man in dem letzteren 3 Teile Zucker gelöst hat, fügt eine Lösung von 2 Teilen Kalihydrat in ebenfalls 7 Teilen Wasser hinzu, schüttelt gut um, giesst durch Leinwand und erwärmt unter fleissigem Umrühren auf dem Wasserbade. Das sich absetzende Oxydul wird auf einem Filter gesammelt, ausgewaschen und getrocknet. Nach einem einfacheren Verfahren mengt man 100 Teile kristallisierten Kupfervitriol mit 57 Teilen kristallisiertem kohlensauren Natron, erwärmt bis zur Entfernung des Kristallwassers, setzt 25 Teile Kupferfeile zu und glüht das Ganze in einem Tiegel. Nach dem Erkalten nimmt man die Masse heraus, wäscht das gebildete schwefelsaure Natron mit Wasser aus und trocknet.

Das Kupferoxydul erteilt dem Glase eine tief blutrote Farbe; auch dient dasselbe zur Bildung der goldähnlichen Flitter in dem Aventuringlase.

3) Kupferoxyd erhält man, wenn man Kupferhammerschlag, nachdem man sich überzeugt hat, dass derselbe nicht mit andern Sub-

stanzen, z. B. Ziegelmehl und dergl. verfälscht war, längere Zeit an offener Luft glüht, um das metallische Kupfer und das Kupferoxydul, beide nie fehlende Bestandteile des Kupferhammerschlags, in Kupferoxyd überzuführen. Das Kupferoxyd erteilt dem Glase eine blaugrüne Farbe.

4) Gold. Das Gold gibt dem Glase eine rosenrote bis purpurrote Farbe (Goldrubin). Früher wendete man dasselbe nur in der Form des sogenannten Cassiusschen Goldpurpurs, einer Verbindung von Zinnsäure mit Goldoxydul, an; seitdem aber Fuss gefunden hat, dass sich dieses Präparat beim Schmelzen des Glases in metallisches Gold zersetzt, dessen Teilchen die Färbung bewirken, gebraucht man dasselbe nur noch in der Porzellan- und eigentlichen Glasmalerei und ersetzt es durch eine Auflösung von Chlorgold oder auch wohl durch feingeriebenes Blattgold, welches man dem gemahlenen Glase zusetzt. Das Chlorgold erhält man einfach durch Auflösen von reinem Golde (Dukaten) in Königswasser.

5) Silber. Das Silber färbt das Glas gelb; in der Masse durch Silber gefärbte Gläser gehören indessen zu den grössten Seltenheiten; man bedient sich vielmehr zur Erzeugung der gelben Silberfarbe der Methode des Imprägnierens oder Lasierens, welche darin besteht, dass man Silberpräparate, Chlorsilber oder Silberoxyd, gemengt mit gewissen indifferenten Stoffen auf das fertige Glas aufträgt und in der Muffel einbrennt.

Zur Darstellung des Chlorsilbers löst man Höllenstein (salpetersaures Silberoxyd) in destilliertem Wasser auf, und setzt zu dieser Lösung so lange verdünnte Salzsäure, als noch ein weisser Niederschlag entsteht; diesen wäscht man vollständig mit Wasser aus und trocknet. Statt Höllenstein kann man auch unreines (kupferhaltiges) Silber in reiner Salpetersäure lösen; diese Lösung wird mit Wasser verdünnt und wie oben durch Salzsäure gefällt; der Niederschlag muss sorgfältig ausgewaschen werden, damit alles Kupfer entfernt wird.

Antimonoxyd. Man hat verschiedene Methoden zur Darstellung des Antimonoxyds; sehr rein erhält man es, wenn man Schwefelantimon in der Wärme in konzentrierter Chlorwasserstoffsäure auflöst, die Lösung durch Absetzen sich klären lässt, die klare Flüssigkeit abgiesst, mit vielem Wasser vermischt, den hierdurch entstehenden weissen Niederschlag von der überstehenden Flüssigkeit abgiesst, mit etwas kohlensaurem Natron digeriert, dann auswäscht und trocknet. Das Antimonoxyd bildet ein blendendweisses zartes Pulver. — Man kann es auch auf die Weise erhalten, dass man in einen bis zum Rotglühen erhitzten Tiegel ein Gemenge aus einem Teil Antimon und zwei Teilen Salpeter einträgt; nachdem die Verpuffung vorüber ist, nimmt man die Masse heraus, zerreibt und wäscht sie wiederholt mit Wasser aus; zu vielen Zwecken ist das Auswaschen nicht einmal nötig, da die Glassätze überdies schon Kali enthalten.

Das Antimonoxyd ist von schwacher Wirkung, und es findet eigentlich nur in der Fabrikation von gelben Schmelzfarben Anwendung, indem man es mit Bleioxyd zu gelbem antimonsauren Bleioxyd, dem Neapelgelb, zusammenschmilzt. Im Bleikristallglase kann daher durch Antimon eine gelbe Farbe erzeugt werden, da in demselben das Neapelgelb gleichfalls sich bilden kann. Nicht mit Unrecht machte daher

Benrath*) darauf aufmerksam, dass in den Fällen, in welchen man auch in Alkali-Kalkgläsern mit Antimon eine Gelbfärbung erhalten haben will, diese letztere auf Rechnung eines Schwefelgehalts der angewendeten unreinen Antimonverbindung zu setzen sei.

Zinnoxydul. Dieses Präparat kann auf mehrfache Weise erhalten werden; am leichtesten aber, indem eine Auflösung von Zinnchlorür, das Zinnsalz des Handels, mit einem Ueberschuss von kohlensaurem Natron gefällt wird; man erhält es so in dem Zustande von Hydrat, welches vollständig ausgewaschen und getrocknet wird. Das Zinnoxydul dient zur Reduktion mancher Metalloxyde und findet nur Anwendung bei der Darstellung von rotem Glase mittels Kupferoxyduls.

Vielfach wird statt des Zinnoxyduls auch die sogenannte Zinnkrätze, ein Gemenge von Zinnoxyd, Zinnoxydul und metallischem Zinn, welches auf der Oberfläche schmelzenden Zinns sich bildet und von diesem abgezogen wird, angewendet. Während in diesem Falle der Zinnoxydgehalt der Krätze wirkungslos bleibt, wirkt nicht nur das Oxydul, sondern auch das metallische Zinn, indem beide sich beim Schmelzen des Glases oxydieren, reduzierend.

Zinnoxyd wird erhalten, wenn man reines metallisches Zinn mit konzentrierter Salpetersäure behandelt; es bildet ein in der Säure unauflösliches, gelblichweisses Pulver, welches man abwäscht, trocknet und nochmals glüht.

Billiger gewinnt man dasselbe, indem man metallisches Zinn bei schwacher Rotglut in einem flachen Gefässe schmilzt und das auf der Oberfläche sich bildende Oxyd in dem Masse, in welchem es entsteht, abzieht, bis sämtliches Metall oxydiert ist. Das gewonnene Oxyd erhitzt man, um die Oxydation vollständig zu machen, nochmals eine Zeitlang und schlämmt es. Den Schlämmrückstand glüht man nochmals, um ihn weiter zu oxydieren und schlämmt ihn neuerdings.

Das Zinnoxyd dient zur Darstellung von Schmelzgläsern, sowie zur Trübung und zum Weissfärben anderer Gläser, da es sich in grösserer Menge nicht in der geschmolzenen Glasmasse auflöst, sondern fein zerteilt darin verbleibt. In Ermangelung von weissgebrannten Knochen wird es bei Blau, Grün, Violett und Gelb angewendet, um diesen ihre Kälte zu nehmen und gefärbte Gläser zu erhalten, die sowohl im durchfallenden, wie reflektierten Lichte gesehen, auf das Auge einen angenehmen Eindruck machen.

Braunstein. Der Braunstein findet sich in verschiedenen Formen; bald kristallisiert, alsdann glänzende Nadeln bildend; bald in kompakten metallischen oder erdigen Massen. Nur die erstere Art ist als reiner Braunstein (Mangansuperoxyd) zu betrachten; die anderen Arten sind nicht nur Gemenge verschiedener niedrigerer Oxydationsstufen des Mangans und oft wasserhaltig und unrein, sondern sie finden sich auch häufig verfälscht. Im reinen Zustande färbt der Braunstein das Glas weinrot; von Eisen begleitet, erteilt er ihm eine schmutzigbraune, eine orange oder auch goldgelbe Farbe.

Der Braunstein zeigt einige Erscheinungen, deren Kenntnis für die Glasfabrikanten von Wichtigkeit ist, so dass wir die hauptsächlichsten

---

*) Glasfabrikation S. 60.

mitteilen. Durch arsenige Säure (weissen Arsenik) wird die durch ihn hervorgebrachte violette Färbung zerstört; schwefelsaures Natron und Kohle haben dieselbe Wirkung. Wenn man nach der Entfernung der Glasgalle Braunstein in den Hafen gibt, so färbt sich das Glas, sofern man weissen Sand angewendet hatte, violett; der Braunstein geht aber zu Boden und erzeugt in den Häfen ungleichartige Schichten, von denen die oberen die heller, die unteren die tiefer gefärbten sind. Kali- und Bleigläser färben sich leichter violett als Natronglas, also umgekehrt wie beim Kobalt. Um eine gleichmässige Färbung zu bekommen, muss man das Manganhyperoxyd schon dem Glassatze beimengen.

Die violette Färbung verliert, während das Glas kühlt, von ihrer Intensität; setzt man aber alsdann das Glas einer höheren Temperatur aus, so wird die Farbe wieder dunkel.

Setzt man manganviolettes Glas der Reduktionsflamme des Lötrohres aus, so verschwindet die Farbe, weil hier das Manganoxyd in Manganoxydul verwandelt wird, welches das Glas nur schwach rosa färbt; bringt man aber das Glas in die Oxydationsflamme, so kommt auch die dunklere Färbung wieder zum Vorschein. Hieraus ergibt sich, dass man während des Blasens oder Streckens des blauen Glases die Entstehung von Rauch vermeiden muss.

Die hauptsächlichste Verwendung aber findet der Braunstein, wie wir gleich sehen werden, als Entfärbungsmittel.

Eisenoxydul und Eisenoxyd, das erstere als Hammerschlag (Eisenoxyduloxyd), das letztere als *Caput mortuum* bekannt. Beide werden, wie schon gelegentlich der Eisensilikate gesagt, nur selten absichtlich dem Glase zugesetzt; wohl aber finden sich dieselben, wenn auch nur in kleinen Mengen, in fast allen Rohmaterialien als Verunreinigungen derselben und werden dann durch die dem Glase erteilte grüne Färbung lästig.

Chromoxyd färbt das Glas lebhaft gelbgrün. Die Art der Darstellung desselben hat auf die Schönheit der Farbe, einen grossen Einfluss; es gibt daher eine grosse Anzahl von Vorschriften und Methoden, wie man zu einem schön färbenden Chromoxyd zu gelangen habe.

Ein schönes Präparat wird erhalten, wenn man chromsaures Quecksilberoxydul in einem Tiegel erhitzt, wobei es alsdann als dunkelgrünes Pulver zurückleibt; auf dieselbe Weise kann man es auch aus dem zweifach chromsauren Ammoniak darstellen.

Das reine Chromoxyd dient zur Darstellung von Schmelzfarben, während man zur Fabrikation von grünem Glase eine Auflösung von rotem oder gelbem chromsauren Kali, die auf den Sand geschüttet wird, anwendet. In der schmelzenden Glasmasse ist das Chromoxyd nur in geringem Grade auflöslich, und man kann daher über eine gewisse Tiefe von Gelbgrün nicht hinaus; denn das nicht gelöste Oxyd bettet sich in Gestalt unschmelzbarer grüner Flocken, die selbst durch wiederholtes Umschmelzen nicht wieder verschwinden, in das Glas ein und man ist alsdann genötigt eine genügende Menge Brocken weissen Glases zuzusetzen. 100 Teile Sand lösen 2 Teile einfach und 1 Teil zweifach chromsaures Kali auf, und das Erscheinen der grünen Flocken ist ein Zeichen, dass das Glas damit gesättigt ist.

Namentlich, wenn mit saurem (rotem) chromsaurem Kali gefärbt

wurde, tritt die Erscheinung des Ausscheidens grüner kristallinischer Flocken im Glase ein, weil jenes Salz in hoher Temperatur in neutrales (gelbes) chromsaures Kali und sich ausscheidendes Chromoxyd zerfällt, während gleichzeitig Sauerstoff frei wird. Wie wir später sehen werden, hat man diese Eigenschaft des genannten Salzes zur Erzeugung eines grünen, aventurinähnlichen Glases (des Chromaventurins) benutzt.

Uranoxyd. Von den verschiedenen Methoden zur Darstellung des Uranoxyds, wozu man sich stets der Pechblende bedient, dürfte die folgende am meisten zu empfehlen sein. Das feingemahlene Uranerz wird zu der möglichst vollständigen Verflüchtigung von Arsen, Molybdän und Schwefel, und der Ueberführung des Uranoxyduls in Uranoxyd in einem Flammofen geröstet, hierauf mit kalcinierter Soda und etwas Natronsalpeter geglüht und die so erhaltene Masse mit heissem Wasser ausgelaugt. Der Rückstand, welcher das sämtliche Uran nebst Erden und anderen Metallen enthält, wird nach geschehener Verdünnung mit Wasser mit möglichst eisenfreier Schwefelsäure und etwas Salpetersäure behandet. Die von dem Rückstande abfiltrierte klare Lösung versetzt man mit einem Ueberschuss von Soda, wodurch das Uran als kohlensaures Uranoxydnatron aufgelöst wird, während die übrigen Körper zu Boden fallen. Aus der durch Absetzen erhaltenen klaren Lösung wird das Uranoxyd mittels Aetznatron abgeschieden, der Niederschlag gewaschen und getrocknet.

Man bedient sich des Uranoxyds, um dem Glase eine gelbe, grünschillernde, fluoreszierende Farbe zu erteilen.

Chromsaures Bleioxyd. Diese Verbindung erhält man, wenn man die Lösung irgend eines Bleioxydsalzes durch saures chromsaures Kali (rotes) fällt. Es bildet ein schönes gelbes Pulver, welches gewaschen und getrocknet wird. Nimmt man statt des roten, gelbes chromsaures Kali (neutrales Salz), so fällt der Niederschlag etwas dunkler aus; und eine zinnoberrote Farbe besitzt derselbe, wenn die Flüssigkeiten alkalisch waren.

Das chromsaure Bleioxyd findet Anwendung zur Darstellung von Schmelzglasfarben.

Phosphorsaurer Kalk. Als solchen bedient man sich wie bereits S. 102 erwähnt, der weissgebrannten Knochen, die ausserdem noch kleine Mengen kohlensauren Kalkes enthalten oder des Guanos. Der phosphorsaure Kalk dient, gleich dem Zinnoxyde, zur Anfertigung von weissdurchscheinendem Glase u. s. f.

Schon seit den ältesten Zeiten bedienten sich die Glasmacher gewisser Stoffe, die entweder dem Glassatze oder dem flüssigen Glase zugesetzt, die Eigenschaft haben, gewisse Färbungen, die dem weissen Glase durch unreine Materialien mitgeteilt worden waren, zu beseitigen.

Wie schon bemerkt, nimmt der Braunstein unter diesen Substanzen eine hervorragende Stelle ein, aber von noch grösserer Wichtigkeit ist wohl die arsenige Säure, der Arsenik. Auch der Salpeter ist hierher zu zählen und in neuerer Zeit hat man auch das Kobaltoxyd und das Nickeloxyd, zu diesem Zwecke in Anwendung gebracht und es dürfte namentlich das letztere berufen sein, in Zukunft als Entfärbungsmittel eine bedeutende Rolle zu spielen.

Die früheren Glasmacher nannten diese Stoffe „Glasmacherseifen" und speziell der Braunstein verdankt dieser, seiner reinigenden, Eigenschaft den Namen „Pyrolusit" d. i. „Feuerwascher".

Was zunächst den Braunstein anlangt, so dient derselbe hauptsächlich zur Beseitigung einer geringen, durch einen Eisengehalt der Rohmaterialien bewirkten, Grünfärbung des weissen Glases. Da der Braunstein, das Mangansuperoxyd, im schmelzenden Glase unter Entbindung von Sauerstoff zu Manganoxyd reduziert wird, so nahm man früher allgemein an, dass derselbe auf das grünfärbende Eisenoxydul im Glase oxydierend wirke, dieses in das gelbfärbende, weniger bemerkbare Eisenoxyd überführend. Auf die Thatsache fussend, dass die sogenannten einfachen Farben, Gelb, Blau und Rot, oder das aus Blau und Rot gemischte Violett mit dem aus Blau und Gelb gemischten Grün sich zu neutralem Weiss ergänzen, stellte zuerst Liebig die Behauptung auf, dass auch bei der Braunsteinentfärbung des Glases das Manganviolett das komplementäre Eisengrün neutralisiere, d. h. dass beide Färbungen zu unsichtbarem Weiss sich ergänzten und es ist später von Kohn durch direktes Zusammenschmelzen entsprechend gefärbter Gläser auch anderer Nüancen der Beweis für die Richtigkeit dieser Behauptung erbracht worden. Da aber das Manganviolett dem Eisengrün nicht völlig komplementär ist, so kann aus der Vereinigung beider auch nicht gänzliche Farblosigkeit resultieren: es entsteht vielmehr je nach der vorhandenen grösseren oder geringeren Menge der färbenden Substanzen ein dunkleres oder helleres Gelb, so zwar, dass dasselbe vom nicht mehr bemerkbaren Lichtgelb bis zum Dunkelorangebraun variiert.

Die Menge Eisen, welche auf diese Weise dem Auge unbemerklich gemacht werden kann, ist nur gering. Müller gibt dieselbe*) zu $^1/_{10}$ Prozent an; bei höherem Eisengehalt zeigt das Glas schon einen deutlich bemerkbaren gelblichen Stich. Wie bei verschiedenem Eisen- und Mangangehalte die Färbungen sich gestalten, zeigt folgende Zusammenstellung:

Gehalt in Prozenten		Farbe im	
Eisenoxydul	Manganoxyd	Hafenofen	Wannenofen
0,75	3,50	helllichtgelb	grüngelb
1,00	2,00	gelbgrün	feuriggrün (Moselweinflaschen)
2,00	2,00	grüngelb (Bordeauxflaschen)	fast ganz grün
2,00	4,00	feurig goldgelb (Madeiraflaschen)	gelbgrün
2,25	6,5	hellgelbbraun (Niersteinerflaschen)	heller, ohne Feuer
1,00	7—8	dunkelorangebraun, feurig, (dunkle Rheinweinflaschen)	schmutzig, heller ohne besonderes Feuer

*) Sprechsaal 1880, 212.

Ist einerseits aus dieser Zusammenstellung ersichtlich, dass das Manganoxyd eisenhaltige Gläser gelb färbt, wenn beide Metalle im richtigen Verhältnis vorhanden sind, dass aber die Farbe ins Grüngelbe resp. ins Sattorange, welches selbst ins Violette ziehen kann, übergeht, je nachdem das Eisen oder das Mangan vorwaltet, so lehrt sie anderseits, dass in der Wanne die Wirkung des Mangans weniger hervortritt, als im Hafen. Dieser Umstand erklärt sich aus der bereits oben besprochenen leichten Reduzierbarkeit des starkfärbenden Manganoxyds zu schwachfärbendem Oxydul durch die Flamme, welcher das Glas während der ganzen Dauer der Schmelze in der Wanne weit mehr ausgesetzt ist, als im Hafen.

Ein weiterer Verlust an Braunstein wird herbeigeführt, wenn man denselben von vornherein dem Gemenge beimischt, welches ja in weitaus den meisten Fällen Kohle enthält, die dann, ehe sie mit dem Sulfat in Wechselwirkung getreten, einen Teil des Braunsteins reduziert. Man sollte daher den letzteren immer erst nach Entfernung der Galle zusetzen, indem man ihn mittels eines eisernen Löffels in Pulverform auf die Oberfläche des geschmolzenen Glases aufstreut. Infolge seines grösseren spezifischen Gewichts sinkt der Braunstein allmählich auf den Boden und man muss daher, um die Bildung violetten Glases in den untern Partien des Schmelzgefässes zu verhüten durch gehöriges Rühren resp. durch das nachstehend zu beschreibende Blasen mit der Kartoffel für eine gleichmässige Mischung Sorge tragen. Die auf diese Weise zu erzielende Braunsteinersparnis soll nach Müller einige Zentner pro Wannenbeschickung betragen.

Da der Braunstein, wie wir gesehen, beim Auflösen im flüssigen Glase Sauerstoff ausgibt, so kann derselbe auch zur Entfärbung solchen Glases dienen, welches durch einen kleinen Gehalt von Schwefelverbindungen oder von Kohle gelb gefärbt ist, indem der sich ausscheidende Sauerstoff diese oxydiert, mit der letzteren entweichende Kohlensäure, mit jenem schwefelsaure Salze bildend, welche ihrerseits in die Galle gehen.

Bei der Herstellung besserer Gläser muss man mit dem Braunsteinzusatze sehr vorsichtig sein, damit das fertige Glas nicht violett gefärbt erscheine. Man richte den Zusatz so ein, dass das Glas beim Ausarbeiten einen ziemlich starken rötlichen Stich habe; im Kühlofen verschwindet derselbe alsdann. Wie selbst weisse Glässer durch spätere Einwirkung des Lichts wieder violette Färbungen annehmen können, ist bereits an einer früheren Stelle besprochen.

Ebenso ist bei den Mangansilikaten schon erwähnt worden, dass Natrongläsern eine rötliche, Kaligläsern eine blauviolette Nüance durch Braunstein erteilt werde. Das Rotviolett genügt aber nicht zur wünschenswerten Neutralisation des Eisengrün und ist man daher genötigt den Natrongläsern ausser dem Braunstein eine noch kleine Menge von

Kobaltoxyd beizugeben, weshalb man auch dieses den Entfärbungsmitteln beizählen kann. Um die vielen Schwierigkeiten, welche die Verwendung des Braunsteins als Entfärbungsmittel im Gefolge hat, bei der Fabrikation feinerer Gläser zu umgehen, hat De Fontenay an der Stelle desselben das

Nickeloxyd in die Glasfabrikation eingeführt, welches als schwarzes Pulver, ebenso wie das schmutziggrüne Nickeloxydul durch sehr komplizierte Prozesse aus den Nickelerzen gewonnen wird und, gewöhnlich nicht ganz frei von Kobaltoxyd, im Handel erhältlich ist. Das Nickeloxydul erteilt dem Kali- und Kristallglase eine bläuliche, dem Natronglase eine Hyazinthfarbe, während ein Gehalt von 5 bis 7 Prozent Kobaltoxyd nach Benrath eine dem Manganviolett sehr ähnliche Nüance im Glase entstehen lässt. Da diese Färbungen sehr konstant sind, so arbeitet man mit diesen Substanzen ungleich sicherer, als mit dem Braunstein.

Aus ähnlichen Gründen will Henrivaux*) unter allen Umständen, namentlich bei der Gussspiegelfabrikation, dem Braunstein das Zinkoxyd als Entfärbungsmittel vorgezogen wissen, ohne jedoch eine Erklärung für die Wirkungsweise des letzteren zu geben, so dass wir uns darauf beschränken müssen, von dieser Angabe Notiz genommen zu haben.

Eines der vorzüglichsten Reinigungs- und Entfärbungsmittel ist die arsenige Säure oder der Arsenik. Gewöhnlich wird sie so angewendet, dass man sie, in Papier gewickelt, in die Mitte des Hafens, auf die Oberfläche des flüssigen Glases wirft; sie sinkt sofort zu Boden und erzeugt grosse Blasen, infolge welcher die Glasmasse hoch aufsteigt und nicht selten sich über die Ränder des Hafens ergiesst.

Mit der Anwendung der arsenigen Säure beabsichtigt man nicht etwa dem Glase einen Zusatz von Arsen zu geben — ein solcher würde ihm nur schädlich sein, es würde sich an der Luft verändern und irisieren — die leicht flüchtige Substanz verdampft vielmehr während der Schmelze selbst, wenn sie in ziemlich bedeutenden Mengen zugesetzt wurde, vollständig und nur in sehr seltenen Fällen ist in farbigem Glase ein äusserst geringer Prozentsatz (0,022 Prozent nach Baedeker) nachgewiesen worden**).

Die arsenige Säure ist eine durchscheinende, glasige Masse, die an der Luft weiss, trübe und undurchsichtig wird; sie ist eines der heftigsten Gifte und muss daher stets unter Verschluss gehalten, bei ihrem Gebrauch die grösste Vorsicht beobachtet werden.

Die Wirkung der arsenigen Säure beruht aber nicht allein darauf, dass die infolge der aufsteigenden Blasen heftig wallende Glasmasse sehr vollkommen gemischt wird: es können ausser diesem rein mechanischen Vorgange auch chemische Reaktionen stattfinden, insofern die arsenige Säure ebensowohl zu metallischem, gleichfalls flüchtigem Arsen sich reduziert, falls oxydierbare Substanzen z. B. Kohle oder Schwefelverbindungen im Glase vorhanden sind, wie sie anderseits bei Gegenwart reduzierbarer Körper diesen Sauerstoff entziehend, in Arsensäure übergeht. Hierauf basiert die bereits S. 120 besprochene entfärbende Wirkung der arsenigen Säure auf violettes Manganglas, da durch jene das starkfärbende Oxyd zu schwachfärbendem Oxydul reduziert wird

*) Henrivaux: *Le verre et le cristal 254.*

**) Vergl. jedoch Henrivaux: *le verre et le cristal, 255: „Le seul but utile obtenu par l'acide arsenieux employé à cet état* (d. h. wenn sie dem Gemenge beigefügt und nicht erst während der Läuterung in die Schmelze eingeführt wird) *c'est de faciliter la fusion, mais alors il est préferable d'employer l'arseniate de soude."*

und es findet daher der Arsenik in den Fällen Anwendung, in welchen mit Braunstein „gewaschenes" Glas durch eine etwas zu reichlich bemessene Dosis des letztern rot geworden war.

Handelt es sich nicht um diese chemischen, sondern nur um die anfangs erwähnten mechanischen Wirkungen, so kann man sich statt der arsenigen Säure in den meisten Fällen, wenn auch nicht in allen, auch einer Kartoffel, einer Rübe oder einer sonstigen Knolle oder Frucht bedienen; meistens nimmt man aber eine Kartoffel, die man in dem Augenblick, in welchem die Glasgalle verschwunden ist, in das flüssige Glas eines jeden Hafens einführt. Hierzu bedient man sich eines etwa 2,40 m langen und 2 cm dicken Rundeisens mit einer hölzernen Handhabe, welches am anderen etwas umgebogenen Ende ein eisernes Querstück trägt, so dass dieses mit dem Stiele ein T bildet. Dieses Querstück ist an seinen beiden Enden zugespitzt, an jeder dieser Spitzen befestigt man die Hälfte einer von Sand und Staub gereinigten Kartoffel und taucht diese alsdann mit der grössten Vorsicht in das geschmolzene Glas, bis auf den Grund des Hafens, wobei man das Eisen nach links und rechts bewegt, dasselbe dann etwas hebt und wiederum hin und her bewegt, und so fort, bis man sich überzeugt hat, dass die Glasmasse überall gleichmässig gemischt ist. Wenn bei dieser Manipulation die auf dem Glase schwimmende Galle mit Feuchtigkeit in Berührung kommt, so wird augenblicklich prasselnd und mit Büchsenschuss ähnlichem Knalle ein Teil der glühenden Masse aus dem Hafen geschleudert, wobei der Arbeiter aufs gefährlichste verletzt werden kann. Man setzt darum die Stange von der Seite ein, und fährt, das Gesicht abgewendet, um bei einem etwaigen Unglücke wenigstens die Augen zu schützen, rasch mit der Kartoffel unter die Oberfläche der Masse. Ist dies glücklich von statten gegangen, so hat die weitere Operation keine Gefahr mehr, denn das weissglühende, geschmolzene Glas verwandelt die Feuchtigkeit der Kartoffel in Wasserdampf, welcher das dickflüssige Glas in polternde Bewegung versetzt, bis er entwichen ist. Dies Verfahren ist dem Umrühren des Glases mittels einer eisernen Stange vorzuziehen, weil man dabei nicht Gefahr läuft, das Glas durch das sich ablösende Eisenoxyd zu verunreinigen. Obgleich die verkohlten Kartoffeln dem Glase eine gelbliche Farbe erteilen, so bringt das doch keinen Nachteil, indem diese Färbung während des Läuterns wieder verschwindet. Hat man auf diese Weise die Arbeit an einem Hafen beendet, so nimmt man die verkohlte Kartoffel ab, ersetzt sie durch eine neue und wiederholt die Operation bei dem folgenden Hafen; für jeden Hafen genügt eine Kartoffel.

Obschon auch auf diese Weise eine energische Bewegung innerhalb der Glasmasse erzielt werden kann und obschon Flamm*) die Behauptung ausgesprochen hat, dass die nach ihm genannte Kartoffel den Arsenik unter allen Umständen zu ersetzen vermöge, scheint dies doch nicht, wie schon hervorgehoben, der Fall zu sein. Wenigstens sagt Benrath**), dass alle Versuche, die er nach dieser Richtung hin beim

---

*) *Le verrier etc. Paris 1863, 56.*
**) Glasfabrikation 61.

Schmelzen von Gussspiegelglas gemacht habe, daran gescheitert seien, dass das Glas stets von sehr feinen Blasen durchsetzt (gispig) gewesen.

Salpeter (salpetersaures Kali und salpetersaures Natron, Chilisalpeter) hat unter gewissen Verhältnissen ebenfalls die Eigenschaft das Glas zu reinigen, resp. zu entfärben. Die in der Hitze entweichenden Gase wirken oxydierend auf manche im Glase enthaltene Stoffe ein, während das in Freiheit gesetzte Alkali als Flussmittel wirkt. In grösserer Menge angewendet, verursachen die Salpetersäuresalze eine frühzeitige Zerstörung der Häfen, deren Thonerde in das Glas übergeht.

Viertes Kapitel.

Die feuerfesten Materialien.

Zur Durchführung der Schmelzprozesse, deren Endresultat das Glas ist, bedarf der Glasfabrikant einer Reihe von Apparaten, zu deren Herstellung nur solche Materialien Verwendung finden können, welche den hohen Temperaturen, bei welchen jene Prozesse sich vollziehen, so wie den Einwirkungen der Gemengebestandteile in genügendem Grade Widerstand zu leisten vermögen. Man wird nicht zu weit gehen, wenn man behauptet, dass von der Qualität dieser Materialien in erster Linie die Rentabilität und das Gedeihen, ja selbst die ganze Existenz einer Glashütte abhängt, und es wird daher eine Hauptaufgabe für den Fabrikanten sein, eine möglichst eingehende Kenntnis dieser Materialien und und ihrer Eigenschaften sich zu gewinnen.

Die Kieselsäure und die Thonerde, erstere in der Form gewisser natürlicher Sandsteine oder der aus Quarzgestein durch Mahlen desselben, Vermischen des Pulvers mit geringen Mengen von Bindemitteln, Formen und Brennen auf künstlichem Wege hergestellten „Dinassteine", letztere in ihrer Verbindung mit der Kieselsäure, als kieselsaure Thonerde, den Hauptbestandteil der bei aller Verschiedenheit in der chemischen Zusammensetzung, wie in ihrem physikalischen Verhalten doch unter dem gemeinsamen Namen „Thon" zusammenfassbaren Ablagerungen ausmachend, in der Gestalt von Formsteinen aller Art, nehmen unter jenen Materialien die hervorragendste Stelle ein, während andere, die Magnesia beispielsweise, von untergeordneter Bedeutung sind und namentlich für die Zwecke der Glasfabrikation bisher gar keine oder doch nur höchst seltene Verwendung gefunden haben, weshalb wir sie an dieser Stelle füglich übergehen können.

Thon. Was nun zunächst das wichtigste dieser Materialien, die kieselsaure Thonerde betrifft, so bildet dieselbe, wie bereits angeführt, den hauptsächlichsten Bestandteil der in ihrer Zusammensetzung sehr

voneinander abweichenden erdigen, in der Erdrinde sehr verbreiteten Massen, die wir Thon nennen, und die nur darin miteinander übereinstimmen, dass sie keine primitiven Gebilde, sondern aus der Zersetzung früher entstandener Mineralien hervorgegangen sind, und entweder ganz oder der Hauptsache nach aus kieselsaurem Thonerdehydrat bestehen. Physikalisch sind sie darin sich ähnlich, dass sie im feuchten Zustande eine mehr oder minder formbare, bildsame oder plastische Masse darstellen, welche beim Trocknen zwar im ganzen die erteilte Form beibehält, aber kleiner wird oder schwindet, dann leicht zerreiblich und nicht mehr plastisch ist, welche beim Anhauchen einen eigentümlichen Geruch, den Thongeruch, zeigt, Wasser stark anzieht, daher bei Berührung mit der feuchten Zunge daran haftet, mit mehr Wasser angerührt, sich zu einem Brei oder Schlamm verteilt, aus dem sich die festen Teile, ihrer Feinheit wegen, nur sehr langsam absetzen. Bis zu 100° C. können die Thone erhitzt werden, ohne ihre Verteilbarkeit im Wasser zu verlieren; werden sie aber auf 200 bis 300° C. erhitzt, so schwinden sie noch mehr, sie werden dichter, erlangen mehr Zusammenhang und wenn sie auch dann noch poröse Massen bilden, welche das Wasser durchsickern lassen, so zerfallen und zergehen sie doch darin nicht mehr. Die nur aus kieselsaurem Thonerdehydrat bestehenden Thone schmelzen bei keiner im Ofen zu erzeugenden Hitze, wohl aber vor dem Knallgasgebläse zu glasähnlichen Schlacken; diejenigen, welche nur wenig fremde Beimengungen enthalten, die sogenannten feuerfesten Thone sind ebenfalls kaum schmelzbar; diejenigen jedoch, welchen viel Kalk, Eisenoxyd u. s. w. beigemengt ist, die gewönlichen Töpferthone, schmelzen leicht zu Schlacken.

Im starken Feuer werden die Thone so hart, dass sie am Stahle Funken geben und von diesem nicht mehr geritzt werden. Bei steigender Hitze werden sie zunehmend dichter, minder porös, härter und klingender und ziehen sich mehr und mehr zusammen.

Die Thonarten sind alle durch Zersetzung und Verwitterung von Gesteinen entstanden, welche neben anderen Silikaten kieselsaure Thonerde enthalten, die reineren durch Zersetzung von Feldspat und diesen ähnlichen Mineralien: Albit, Spodumen und Porzellanspat und anderen, welche als Gemengteile der verbreitetsten Gesteine: Granit, Gneiss, Syenit und Porphyr vorkommen, indem Kohlensäure das kieselsaure Alkali zerlegte und kohlensaures Alkali und Kieselsäure von Wasser gelöst und fortgeführt wurde. Neben der kieselsauren Thonerde enthalten aber alle Thonarten noch grössere oder geringere Mengen von Silikaten anderer Erden und Alkalien, meist freie Kieselsäure, unzersetzte Teile der Gesteine, woraus sie entstanden: Glimmer, Quarz, ferner Eisenoxyd u. s. w. und sehr häufig sind auch Schwefelkies und organische Stoffe vorhanden.

Manche Thone finden sich noch an der Stelle, wo sie sich bildeten, zum Teil in den Gesteinen, denen sie ihren Ursprung verdanken. Waren diese frei von Eisen und enthalten die Thone neben der aus kieselsaurem Thonerdehydrate bestehenden plastischen Masse nur geringe Mengen anderer Silikate, Quarz und unzersetztes Gestein, welche letztereren sich durch Schlämmen leicht entfernen lassen, so erhält man

einen im Ofenfeuer weissbleibenden unschmelzbaren Thon, den man Kaolin nennt.

Viel häufiger sind die zersetzten Gesteine, die durch Wasserfluten aufgerührt und aufgeschwemmt werden. Oft war dies die Veranlassung, dass sich der plastischen Thonmasse bei ihrem Absetzen an anderen Orten gleichzeitig aufgeschlämmte Substanzen, wie Eisenoxyd, kohlensaurer Kalk, Magnesia, Sand u. s. w. beimengten, bisweilen aber nur das Mittel, die plastische, aus kieselsaurem Thonerdehydrat bestehende Masse von Beimengungen unzersetzter Gesteinsteile, Quarz oder dergleichen, zu befreien, indem sie ihrer feinen Zerteilung wegen länger suspendiert blieb als die gröberen Gemengteile; selten ist jene dann frei geblieben von, wenn auch geringem, Gehalt an Eisen, was sie zur Fabrikation von weissem Porzellan ungeeignet macht. Dagegen pflegt solcher Thon sehr feuerfest sich zu erweisen, während ein beträchtlicher Eisen- oder Kalkgehalt die Masse leicht schmelzbar macht.

Nach ihrem verschiedenen Verhalten kann man die Thonarten in vier Klassen einteilen: 1) feuerfeste Thone: Porzellanerde und plastische Thone; 2) schmelzbare Thone: gemeiner Töpferthon; 3) kalkige oder aufbrausende Thone; 4) ockrige Thone.

Von diesen interessieren uns hier nur die feuerfesten plastischen Thone, auch als Pfeifen-, Kapsel- und Steingutthone bezeichnet. Diese Thonarten sind von ihrem Bildungsort weggeschwemmt und daher selten eisenfrei; der Eisengehalt darf aber nicht zu hoch steigen, sonst verlieren sie die geschätzteste Eigenschaft, die Unschmelzbarkeit. Sie sind höchst plastisch, verschieden gefärbt, brennen sich aber im Feuer weiss oder gelblich; sie werden zu Steingut, Fayence, Pfeifen, Porzellankapseln, feuerfesten Steinen aller Art, Tiegeln und Häfen verarbeitet. Alle diese Thone enthalten geringe Mengen von Alkali, wodurch nicht selten ihre Unschmelzbarkeit beeinträchtigt wird; übrigens steht letztere auch in keiner bestimmten Beziehung zu dem Verhältnis des Gehalts an Kieselsäure und Thonerde, indem weder die kieselsäure-, noch die thonerdereichsten zu den am meisten feuerbeständigen gehören; erstere schmelzen bei etwa vorhandenen Basen (Kali, Natron) leicht zu einem Glase zusammen und letztere zerdrücken sich leicht im Feuer.

Die feuerfesten Thone sind nicht gerade sehr verbreitet auf der Erdrinde, aber an einzelnen Stellen in mächtigen Lagern angehäuft. Sie finden sich zumeist in der Tertiärformation die Kreide überlagernd, bisweilen auch im Kohlengebirge. Die hauptsächlichsten Lagerstätten von feuerfestem Thon in Europa sind in Beziehung auf Feuerbeständigkeit, Plastizität und Anwendbarkeit in der Glasfabrikation zur Anfertigung von Häfen und Ziegeln hinreichend bekannt und beschränken wir uns auf die Anführung der vorzüglicheren.

In England wendet man gewöhnlich den Stourbridgethon an, von welchem man jedoch mehrere Qualitäten unterscheidet. Obgleich derselbe nicht gerade sehr feuerbeständig ist, so besitzt doch ein Gemenge von rohem und gebranntem Stourbridgethon die gute Eigenschaft, beim Brennen der Häfen nicht leicht zu bersten.

Das Lager dieses weltberühmten feuerfesten Thones befindet sich bei Stourbridge in der englischen Grafschaft Worcestershire (dicht an der Grenze von Staffordshire, etwa 20 Kilometer von Bir-

mingham). Dasselbe hat eine Ausdehnung von 3,2 Kilometer in der Länge und streicht in schiefer Richtung aus einer nicht genau bekannten Tiefe bis an die Erdoberfläche, wo es früher zu Tage ausging. An dieser Stelle ist es aber schon abgebaut, und die Schächte, welche zu ihm führen, gehen jetzt schon 70 bis 120 m tief hinab, wobei sie die Kohlenformation 15 m über dem Thone durchbrechen. Ueber der Steinkohle liegt dann an der Erdoberfläche der rote Sandstein, welcher hier die herrschende Formation bildet. Wie überall in dieser Gegend, durchsetzen Gänge von Eisenstein alle diese Schichten, und sind, wo sie in den Thon eindringen, sehr nachteilig für dessen Qualität. Das Thonlager selbst hat eine durchschnittliche Mächtigkeit von 1,6 m, die jedoch stellenweise bis auf 1 m sinkt. Die Qualität der verschiedenen Schichten ist sehr ungleich, und namentlich in der Mitte besser als da, wo der Thon mit dem Hängenden und Liegenden in Berührung kommt. Die Gewinnung des Thons geht ganz in bergmännischer Weise vor sich, dabei wird derselbe schon in der Grube in drei verschiedene Qualitäten sortiert: die erste und beste für Glashäfen und Hohöfenkernschächte; die zweite für Schmelztiegel zum Schmelzen von Messing und Eisen; die dritte für feuerfeste Ziegeln und Formsteine aller Art. Die beiden ersten Sorten werden bei der Verarbeitung mit schon gebranntem Thon gemengt, die dritte nicht; zu ihr kommen auch die Abfälle der beiden ersten. Ausserdem wird in allen drei Qualitäten noch zwischen mild und streng, d. h. harter und weicher Abart unterschieden; beide werden getrennt gehalten und nach Erfordernis untermengt; Weiber zerschlagen die Stücke mit dem Hammer und sondern jeden mit Aederchen von Eisenstein und anderen Verunreinigungen durchzogenen Teil aus. Die für gut befundenen Stücke werden vor dem Mahlen ganz zerschlagen und einer letzten sehr sorgfältigen Sortierung unterworfen. Der vollständig ausgelesene und gereinigte Thon der ersten Qualität wird in ringsum geschlossenen Schuppen aufbewahrt, um ihn vor Regen zu schützen. Alle diese Vorsichtsmassregeln sind durchaus nötig, um die für Glashäfen erforderliche ausgezeichnete Qualität zu erreichen. Von dem für Glashäfen, Schmelztiegel u. s. w. einzumischenden gebrannten Thon werden die rohen Stücke in einem gewöhnlichen Brennofen gar gebrannt und dann grob gemahlen.

Zur Verarbeitung wird der Thon nicht eingesumpft oder geschlämmt, sondern nur durch Besprengen mit Wasser angefeuchtet, und zwar die beiden ersten Sorten nur soweit, dass sie sich formen lassen. Vorher aber wird der Thon gemahlen, und zwar sind, um jede Verunreinigung zu verhüten, zwei verschiedene Mühlen vorhanden, die eine ausschliesslich für die beiden besseren Sorten, die andere für den Ausschuss. Die Mühlen sind Kollergänge, sowohl Bodenplatte wie Läufer von Stein, mit dicken gusseisernen Ringen eingefasst. Vor dem Mahlen wird der Thon Nr. 1 und 2 mit Wasser besprengt, so dass er oben feucht wird, dann geht er einige Zeit im Kollergange herum. Die Streichmesser desselben schaffen ihn dann auf einen breiten rotierenden Riemen mit hölzernen Querstegen (um das Zurückfallen des Thons zu verhüten); dieser transportiert ihn etwas höher hinauf in einen Schütteltrichter (Rumpf), aus welchem er auf ein Rattiersieb fällt. Was nicht durch das Sieb geht und am anderen Ende desselben ab-

fällt, wird durch ein anderes endloses Band, von der Einrichtung des eben beschriebenen, wieder den Mühlsteinen zugeführt; was durch das Sieb gegangen ist, wird nochmals gesiebt, um etwa zufällig hineingefallene gröbere Stückchen zu entfernen. Der von der Mühle kommende Thon wird mit soviel Wasser gemengt, dass er bei der Durcharbeitung, die hier häufig von Menschen, durch Treten mit nackten Füssen, geschieht, plastisch wird. Maschinenarbeit wird hier sowohl, wie beim Formen gern vermieden, weil die Masse dadurch zu dicht wird und dann im Feuer beim Entweichen der Wasserdämpfe dem Reissen ausgesetzt ist.

Der Stourbridgethon ist so geschätzt, dass er zur Anfertigung von Häfen von den Glasfabriken fast aller Länder bezogen wird. Infolge hiervon ist derselbe auch vielfach untersucht worden und auch diese Analysen zeigen, dass er nicht immer dieselbe Zusammensetzung hat.

	Richardson.				Cowper-Penny. Getrocknet.			
	a.	*b.*	*c.*	*d.*	*e.*	*f.*	*g.*	*h.*
Kieselsäure	68,05	61,15	64,10	63,70	70,60	63,3		
Thonerde	18,85	25,00	23,15	20,70	25,90	23,3	11,20	10,50
Kieselsaure Thonerde	—	—	—	—	—	—	75,20	77,70
Eisenoxyd	5,10	1,10	1,85	4,00	2,00	1,8	2,12	2,00
Kalk	0,80	1,30	—	—	1,50	1,3	1,48	0,20
Magnesia	—	—	0,95	—	Spur	Spur	Spur	—
Wasser	6,00	12,50	10,00	10,30	—	10,3	9,99	9,53
	98,80	101,05	100,05	98,70	100,00	100,0	99,99	99,93

	von Heeren.		Musprat.		Salvetat, Bradley-Hill bei Stourbridge.
	i.	*k.*	*l.*	*m.*	*n.*
Kieselsäure	69,99	65,10	63,99	61,77	45,25
Thonerde	19,05	22,22	20,84	18,97	28,77
Kalk	—	0,14	0,30	1,53	0,47
Magnesia		0,18	0,94	0,91	—
Eisenoxyd	2,70	1,92	0,75	0,17	7,72
Wasser	6,80	9,86	11,67	14,79	17,34
Kali	—	0,18	1,51	1,86	
	98,54	99,60	100,00	100,00	99,55

a zu feiner Fayence; *b* zu Tiegeln; *c* desgleichen; *d* zu Gussstahltiegeln; *e* zu Tiegeln; *f* zu Tiegeln; *g* nach Belly die beste Sorte; *h* nach Brown die beste Sorte.

i unschmelzbar, liefert vortreffliche, feuerfeste Steine und Stahlschmelztiegel; *k* ist nach Tockey, *l* nach Henry die beste Sorte.

Ausserdem werden in England noch Thone von den folgenden Lagerstätten angewendet:

9*

	Devonshire.		Stafford-shire.	Starmington.	Newcastle.	Dorsetshire.	Dowlais.	Garnkirk.
	a.	*b.*	*c.*	*d.*	*e.*	*f.*	*g.*	*h.*
Kieselsäure	49,60	52,06	51,80	48,04	55,50	48,99	67,12	59,48
Thonerde	37,40	29,38	30,40	34,37	27,75	32,11	21,18	28,95
Eisenoxyd	—	2,37	4,14	3,05	2,01	2,34	1,85	1,05
Magnesia	—	0,02	0,50	0,45	0,75	0,22	0,84	—
Kalk	—	0,43	—	0,66	0,67	0,43	0,32	—
Kali	—	2,29	—	1,94	2,19	3,31	2,02	—
Natron	—	2,56	—	—	0,44	2,33	1,39	—
Wasser	11,29	10,27	13,11	11,15	10,53	9,63	4,82	11,05
	92,20	99,38	99,95	99,66	99,84	99,36	99,54	100,53

Der letztgenannte Garnkirkthon, einer der vorzüglichsten, ist ein wenig sandiger Schieferthon, welcher bei Gartsherie in der Nähe von Glasgow (Schottland) im Steinkohlengebirge vorkommt und ebenfalls bergmännisch mittels Tiefbaus gewonnen wird. Den auf Halden gestürzten Thon lässt man einige Jahre auswittern, wodurch derselbe eine hellere Farbe gewinnt und seinen Gehalt an Schwefelkies verliert, welcher zu Eisenvitriol oxydiert, durch den Regen ausgelaugt wird. Bei der folgenden Handscheidung werden alle noch nicht genügend verwitterten, d. h. mit der Hand noch nicht zerdrückbaren Stücke sorgfältig ausgeschieden und auf die Halde zurückgebracht.

In Frankreich ist der Thon von Forges-les-Eaux am meisten zur Anfertigung von Ziegeln und Häfen geschätzt; doch werden neben demselben, je nach der Oertlichkeit, auch noch andere Thonarten für diesen Zweck verwendet. Die nachstehenden Analysen geben die Zusammensetzung einiger derselben:

	Forges-les-Eaux.	Echassures.	Labouchade.	Leyool.	Hayanne.	Malaise.	Nuze-Joul.
	a.	*b.*	*c.*	*d.*	*e.*	*f.*	*g.*
Kieselsäure	65,0	49,20	55,40	52,00	66,10	52,55	47,20
Thonerde	24,0	34,00	26,40	31,60	19,80	26,50	32,40
Eisenoxyd	Spur	—	4,20	4,40	6,30	0,55	3,00
Kalk	—	—	—	—	—	3,00	—
Megnesia	—	—	—	—	—	1,50	—
Wasser	11,0	16,40	12,00	12,60	7,50	15,00	16,00
	100,0	99,60	98,00	100,60	99,10	99,10	98,60

Die Analysen sind sämtlich im Laboratorium der Porzellanmanufaktur zu Sevres ausgeführt; *a* dient zu Glashäfen und feiner Fayence; *b* zu Tiegeln; *c* zu Glashäfen; *d* zu Glashäfen; *e* zu feuerfesten Steinen; *f* zu Porzellankapseln; *g* zu Glashäfen etc.

Ausser den genannten dienen in Frankreich zur Anfertigung von Häfen und Wannen der Thon aus der Normandie, d'Hautrage genannt (auch zur Fabrikation von Flaschen benutzt); der Thon von Ardoise, von bläulicher Farbe, in Vermengung mit dem vorigen; der Thon von Lyon und Bedoins hauptsächlich von den Glasfabriken zu Rive-de-Gier und Lyon angewendet.

Belgien besitzt in dem Lager von Andenne bei Lüttich einen ausgezeichnet guten Thon, der nicht allein in Belgien selbst, sondern auch von Preussen und Frankreich aus sehr gesucht wird. Dieser Thon besteht nach Bischof in 100 Teilen aus:

Kieselsäure, gebunden	39,69
Kieselsäure, als Sand	9,95
Thonerde	34,78
Magnesia	0,41
Kalk	0,68
Eisenoxyd	1,80
Kali	0,41
Glühverlust	12,00
	99,72

Deutschland ist verhältnismässig reich an feuerfesten Thonen, und es finden sich Lagerstätten davon in vielen Gegenden. Als die wichtigeren derselben mögen folgende angeführt werden: Koblenz und Köln, Lautersheim und Valendar am Rhein, Amberg, Kemnath, Schwarzenfeld und Kehlheim in Bayern, Wiesloch in Baden, Grossalmerode, preussische Provinz Hessen, Hubertusburg in Sachsen, Bunzlau in Schlesien, Grünstadt in der Pfalz, Einberg bei Koburg, Klingenberg am Main (Strassburger Thon genannt) und viele andere.

Zusammensetzung einiger der vorgenannten feuerfesten Thone:

	Lautersheim.	Valendar.	Schwarzenfeld.	Kehlheim.	Grossalmerode.	Einberg.	Klingenberg.
Kieselsäure	49,00	65,27	78,13	71,58	47,50	53,00	79,98
Thonerde	33,09	24,19			34,37	27,00	
Freie Kieselsäure	—	—	12,83	18,43	—	—	11,59
Eisenoxyd	2,10	1,00	0,41	0,20	1,24	2,00	0,11
Magnesia	0,20	2,02	Spuren		1,00	—	
Kalk	2,00	—	(CaO,SO_3) 1,13	0,31	(CaO,SO_3) 0,50	1,25	0,69
Kali	—	—	—	—	—	Spuren	—
Natron	—	—	—	—	—	Spuren	—
Wasser	13,56	6,75	8,00	9,48	14,0	16,20	7,63

Ausser diessen Thonarten bezieht das südliche Deutschland auch von Langenau in der Schweiz ein vorzügliches Material; in 100 Teilen aus 8,07 freier Kieselsäure, 88,00 kieselsaurer Thonerde, Spuren von Eisen und Mangan und 3,23 Wasser bestehend.

Zu einigen der vorstehend aufgeführten Thonarten mögen noch folgende Bemerkungen dienen.

Der Thon von Lautersheim und Valendar wird, ausser zu Häfen, zu feinen Thonwaren aller Art benutzt.

Der Thon von Schwarzenfeld zieht sich beim Brennen stark zusammen; für sich allein angewendet, trocknen die daraus gefertigten Gegenstände schwierig und bersten beim Brennen. Die daraus gefertigten Häfen widerstehen zwar vollständig dem aus Soda oder Pottasche erschmolzenen Glase; wendet man aber Glaubersalz oder Kochsalz an, so zerspringen sie ohne Ausnahme*). Um diesen Thon für Häfen anwend-

*) Leng-Gräger, 4. Auflage, pag. 95.

bar zu machen, muss man ihn mit Thon von Langenau oder Klingenberg vermengen; der erstere verringert das Schwinden, der andere macht, dass sie sich weniger verziehen. Die Herdsteine aus dem rohen wie gebrannten Thon von Schwarzenfeld schwinden in der Hitze dermassen, dass in kurzer Zeit breite Risse entstehen und die scharfen Kanten sich abrunden; wenn man mit Glaubersalz arbeitet, so verglasen sie so schnell, dass selbst der bestbeschaffene Ofen kaum vier Monate überdauert; gebrannt leistet jedoch dieser Thon vortreffliche Dienste.

Der Thon von Kehlheim bei Regensburg in Bayern hat eine weisslich gelbe Farbe und wird von den Glashütten des Böhmerwaldes vielfach angewendet. Da sich daraus gefertigte Gegenstände leicht verziehen, so muss man diesen Fehler durch Zusatz von Schamotte verbessern.

Der Thon von Schwarzenfeld, ebenfalls in der Gegend von Regensburg, gegen Amberg zu gelegen, ist sehr strengflüssig und von grosser Bindekraft.

Der Thon von Valendar ist sehr feuerfest, allein sehr ungleichartig in seiner Masse. Die von diesem Thon aufgebauten und mit Steinkohlen geheizten Oefen dauern mehrere Jahre und die daraus gefertigten Häfen sollen, wenn kein Sulfat verschmolzen wird, bis zu 80 Schmelzungen aushalten.

Der Thon von Grossalmerode liefert die allbekannten vorzüglichen Schmelztiegel.

Der Thon von Einberg bei Koburg; dieser dem heftigsten Porzellanfeuer widerstehende Thon wird fast auschliesslich zu Porzellankapseln verwendet.

Der Thon von Klingenberg, auch Strassburger Thon genannt, hat eine schwarzbläuliche Farbe, ist äusserst brauchbar, an Güte den besten belgischen Thonen gleich und namentlich von bedeutendem Bindevermögen und dient namentlich dazu, andere Thone in Beziehung auf Schwinden und Verziehen zu verbessern.

Der Thon von Langenau in der Schweiz bildet entweder grössere feste Stücke oder eine zerbröckelte Masse; erstere, die reiner sind, dienen zur Anfertigung von Häfen; letztere zu der von gebrannten Steinen. Die aus diesem Thone erhaltenen Produkte widerstehen vollkommen dem Feuer, wie auch der Einwirkung der schmelzenden Silikate; er dient zur Verbesserung der in der Hitze zum Verziehen geneigten Thone. In dem Verhältnis von 4 Teilen rohem und 1 Teil gebranntem Thon angewendet, hat man nicht zu fürchten, dass die Häfen bei plötzlichem Temperaturwechsel springen.

Diesen Thonen reihen sich noch die im Oesterreichischen zur Anfertigung feuerfester Materialien angewendeten an, von welchen L. Knaffl in Wien eine grosse Anzahl untersucht hat. Im folgenden geben wir die Analyse dieser Thone von Knaffl:

	1	2		3	
Kieselsäure	40,78	58,09	61,91	40,89	42,31
Thonerde	36,22	24,32	24,49	39,22	38,67
Eisenoxyd	2,01	0,97	1,56	1,01	1,02
Kalk	2,92	1,58	0,81	1,04	0,45

	1.	2.		3.	
Magnesia	1,21	0,31	0,26	1,27	0,43
Kali	4,12	3,96	4,95	1,92	3,52
Glühverlust	12,14	10,56	6,12	13,95	13,24
	99,40	99,79	100,10	99,30	99'64

1. Thon von Melnik in Böhmen, der in Stabeisenschmelzhitze schwach sintert; perlgrau von Farbe und plastisch; in der Lötrohrflamme unschmelzbar.

2. Kaolinerde von Dauberwitz in Mähren; in der Lötrohrflamme unschmelzbar; bei der Schmelzhitze von Stabeisen schwach zusammengesintert; plastisch; grauweiss.

3. Kaolinerde von Zettlitz in Ungarn; in der Lötrohrflamme unschmelzbar; bei der Schmelzhitze von Stabeisen kaum gesintert; plastisch; weiss.

	4.		5.		6.		7.
	1860.	1861.	1861.	1862.	1862.	1863.	1863.
Kieselsäure	53,87	50,78	57,78	58,09	47,39	48,39	54,00
Thonerde	28,12	33,05	22,22	21,30	34,92	35,00	20,22
Eisenoxyd	0,71	1,61	2,01	3,22	2,74	3,12	5,72
Kalk	0,29	1,77	2,03	2,41	1,72	0,82	1,02
Magnesia	Spur	Spur	1,22	0,96	0,39	—	0,78
Kali und Natron	2,72	3,04	3,97	4,51	2,36	2,54	7,45
Glühverlust	14,14	10,51	11,56	10,36	11,15	11,72	10,11
	99,85	100,76	100,79	100,85	100,67	101,59	99,80

4. Kaolinerde von Feistritz in Steiermark; in der Lötrohrflamme unschmelzbar; bei der Schmelzhitze von Stabeisen schwach gesintert; plastisch; grauweiss.

5. Kaolinerde von Krummnussbaum in Niederösterreich; in der Lötrohrflamme etwas erweicht; bei der Schmelzhitze von Stabeisen gesintert; kurz weiss.

6. Thon von Göttweih in Oberösterreich; in der Lötrohrflamme unverändert; bei der Schmelzhitze von Stabeisen unverändert; sehr plastisch; hellgrau.

7. Thon von Voitsberg in Steiermark; in der Lötrohrflamme etwas abgerundet; bei der Schmelzhitze von Stabeisen gesintert; sehr plastisch; rötlichblau.

	8.		9.		10.	11.
	1861.	1862.	1861.	1862.	1863.	1863.
Kieselsäure	50,02	56,35	48,13	50,75	58,82	58,27
Thonerde	30,71	25,76	29,76	30,52	22,14	23,22
Eisenoxyd	3,01	5,40	3,21	2,75	2,87	5,61
Kalk	2,05	1,87	0,74	1,23	0,81	2,43
Magnesia	—	—	0,38	1,02	0,35	Spur
Kali	1,72	2,21	3,26	2,01	3,87	4,12
Glühverlust	12,50	7,51	13,86	11,88	11,86	5,89
	100,01	99,10	99,34	100,16	100,92	99,54

8. Thon von Olmutzau in Mähren; vor dem Lötrohre unverändert; bei der Schmelzhitze von Stabeisen schwach gesintert; sehr plastisch; dunkelblaugrau; auch rötlichgelb.

9. Thon von Blansko in Mähren; vor dem Lötrohre unverändert; ebenso in der Schmelzhitze von Stabeisen; sehr plastisch; rötlichweiss.

10. Thon von Briesau in Mähren; vor dem Lötrohre unverändert; in der Schmelzhitze von Stabeisen schwach gesindert; plastisch; blaugrau.

11. Thon von Leoben; vor dem Lötrohre gerundet; in der Schmelzhitze von Stabeisen schwach gesintert; plastisch; rötlichgrau.

Auch Nordamerika ist nicht arm an guten feuerfesten Thonen; von denen sich einige durch einen bedeutenden Thonerdegehalt auszeichnen. Unter anderen liefert Cheltenham, Woodbridge und Perth Amboy vortreffliches Material.

Die Zusammensetzung einiger ist nach Musprat

	Thon von Cheltenham.	Kils Johnstown.	Bors (Pittsburg).
Kieselsäure	72,00	45,42	53,15
Thonerde	26,00	36,80	32,23
Kalk	2,25	0,87	0,80
Magnesia	Spur	0,45	—
Eisenoxyd	0,75	3,33	1,80
Wasser	—	—	12,00
Organische Substanz	—	12,65	—
	101,00	99,52	99,98

Diese Analysen lehren uns zunächst, dass die feuerfesten Thone der Hauptsache nach aus Kieselsäure und Thonerde bestehen. Von dem Verhalten dieser beiden Substanzen in hoher Temperatur wird also zunächst auch die gleiche Eigenschaft der Thone abhängig sein.

Schon gelegentlich der Besprechung der Kieselsäure als Hauptbestandteils des Glases ist gesagt worden, dass dieselbe, in keinem Ofenfeuer schmelzbar, bei völliger Platinschmelzhitze in eine glasige durchscheinende Masse übergehe, vor dem Knallgasgebläse aber zu einem vollkommenen Glase schmelze. Während nun aber die reine Thonerde vor dem Knallgasgebläse gleichfalls schmilzt, lässt sie in Platinschmelzhitze keine Anzeichen einer beginnenden Schmelzung erkennen. Wie es aber eine allgemeingültige Thatsache ist, dass der Schmelzpunkt zweier vereinigter Körper ein niedrigerer sei, als derjenige jedes einzelnen von ihnen, so schmilzt auch die Kieselsäure mit Thonerde vereinigt leichter, als jede dieser beiden Substanzen für sich, indem sich gleichzeitig ein Thonerdesilikat, kieselsaure Thonerde, bildet. Eine weitere Thatsache aber ist, dass die Silikate zu ihrer Schmelzung einer niedrigeren Temperatur bedürfen, als zu ihrer Bildung; es wird daher auch fertig gebildete kieselsaure Thonerde leichter schmelzen, als ein blosses mechanisches Gemenge von Kieselsäure mit Thonerde. Ferner aber hat Bischof*) gezeigt, dass in Temperaturen, welche zur Bil-

*) Bischof, die feuerfesten Thone. Leipzig 1876, pag. 39.

dung des Silikats genügen, dies letztere um so leichtflüssiger sei, als, innerhalb gewisser Grenzen wenigstens, die Kieselsäure vorwalte, während es um so strengflüssiger sich erweise, je grösser das Verhältnis der Thonerde zur Kieselsäure sei.

Nun enthalten aber die feuerfesten Thone, wie wir aus den mitgeteilten Analysen ersehen, ausser Kieselsäure und Thonerde in der Regel noch andere Substanzen, Magnesia, Eisenoxyd, Kalk, Alkalien und wenn diese auch nicht in bedeutender Menge vorhanden sind, so lässt sich aus dem Umstande, dass gerade diese Körper es sind, welche mit der Kieselsäure zu leichtflüssigem Glase zusammenschmelzen, folgern, dass ihre Gegenwart auf den jeweiligen Schmelzpunkt der in dem betreffenden Thone enthaltenen Kieselsäure-Thonerdeverbindung nicht ohne Einfluss sein werde. In der That ist dieser Einfluss schon bei geringem Vorhandensein jener Basen, die wir in der Folge daher als Flussmittel bezeichnen wollen, unverkennbar, und es vollzieht sich derselbe, wie Richters*) gezeigt hat, in der Weise, dass äquivalente Mengen dieser Flussmittel auf die Schmelzbarkeit der Thone einen gleichen Einfluss ausüben, d. h. es können sich in dieser Beziehung 20 Teile Magnesia, 28 Teile Kalk, 40 Teile Eisenoxyd oder 47 Teile Kali gegenseitig vertreten.

Aus dem bisher Gesagten wird sich ohne weiteres die Behauptung ableiten lassen, dass die Strengflüssigkeit der Thone in erster Linie durch einen hohen Gehalt an Thonerde bedingt wird, dass sie aber in demselben Verhältnisse beeinträchtigt wird, wie der Gehalt an Kieselsäure und an Flussmitteln gegen den Thonerdegehalt zunimmt. Fussend auf diesen zwischen der Strengflüssigkeit und der chemischen Zusammensetzung der Thone bestehenden Relationen, gelangt Bischof zu einem numerischen Ausdruck für die erstere, indem er die auf die Flussmittel (diese = 1 gesetzt) bezogene Thonerde oder das „Flussmittelverhältnis" durch die auf die Thonerde (auch diese = 1 gesetzt) bezogene Kieselsäure, das Kieselsäureverhältnis, dividiert und den so erhaltenen Quotienten den „Feuerfestigkeitsquotienten" nennt. Als unterste Grenze der Brauchbarkeit nimmt Bischof, gestützt auf die Ergebnisse der Praxis, den Wert dieses Koeffizienten = 1 an; alle Thone für welche der letztere kleiner als 1 wird, sind als feuerfest nicht mehr zu bezeichnen, während für die besten thonerdereichsten und fast flussmittelfreien, daher feuerfestesten Thone z. B. die von Garnkirk, Stourbridge, Saarau der Koeffizient auf 14 steigt. Mitteninne stehen die übrigen im Handel als feuerfeste vorkommenden Thone; die reinen Kaoline, wie sie sich auf ursprünglicher Lagerstätte vorfinden sinken in bezug auf den Wert jenes Koeffizienten bis auf 9 herab, während die besten belgischen Thone in den Grenzen 4 und 2, die rheinischen zwischen 4 und 1 sich bewegen.

Die Analysen, welche diesen Ermittelungen als Grundlage dienen sollen, sind um so mehr mit grösster Sorgfalt auszuführen, als die auf das Resultat so wesentlich influierenden Flussmittel in verhältnismässig nur kleinen Mengen oft zugegen sind. Obschon auch hier verschiedene

*) Dinglers Journal. 196. 444 und 198. 407.

Wege zum Ziele führen mögen, scheint es doch angemessen, den von Bischof eingeschlagenen zu empfehlen.

Von dem zu untersuchenden, gehörig lufttrocknen Thone wird eine Menge von einigen Pfunden für Entnahme der Durchschnittsprobe in der gewöhnlichen Weise benutzt, von der letzteren eine genügende Partie im Achatmörser äusserst fein zerrieben und gesiebt und sodann 5 bis 6 Portionen von ca 1 bis 2 g abgewogen.

Zunächst wird das hygroskopische Wasser durch stundenlanges, vorsichtiges Trocknen bei einer Temperatur von 120 Grad und nachfolgendes Wägen ermittelt und es ist das Erwärmen so lange fortzusetzen, bis zwei eine Stunde auseinanderliegende Wägungen übereinstimmen. Durch anhaltendes, heftiges Glühen bestimmt man dann den Totalglühverlust, welcher chemisch gebundenes Wasser, organische Stoffe, Kohlensäure etc. in sich fasst. Auch hier muss das Glühen selbstverständlich so lange fortgesetzt werden, bis zwei Wägungen genau übereinstimmen.

Sodann wird zur Bestimmung der Kieselsäure eine neue, scharf getrocknete Portion mit der 5 bis 6fachen Menge kohlensauren Natronkalis gemengt und in Platintiegel eine Stunde lang bis zur völligen Schmelzung erhitzt.

Die erkalteten Tiegel bringt man in Wasser, welchem man vorsichtig Salzsäure zusetzt, bis sich alles, mit Ausnahme sich ausscheidender Kieselsäure, gelöst hat, dampft im Wasserbade zur völligen Trockne, erhitzt dann eine Zeitlang etwas stärker, bis alle Salzsäure verjagt ist, lässt erkalten, befeuchtet den Rückstand mit konzentrierter Salzsäure, lässt etwa eine Stunde stehen, erwärmt wieder unter Zusatz von Wasser, dekantiert durch ein Filter, kocht dann mehrmals die ungelöst bleibende Kieselsäure mit salzsäurehaltigem Wasser aus, bringt schliesslich den ganzen Rückstand auf das Filter und wäscht auf demselben vollkommen rein. Der getrocknete und dann recht scharf geglühte Filterinhalt gibt, gewogen, die Menge der vorhandenen Kieselsäure.

Die durch das Filter gegangene Flüssigkeit wird nach Zusatz von einigen Tropfen Salpetersäure aufgekocht und noch heiss mit Ammoniak bis zur kaum merkbaren basischen Reaktion versetzt, wobei sich Thonerde und Eisenoxyd aus derselben ausscheiden. Man erhält sodann noch so lange das Ganze am Kochen, als noch Ammoniak wahrnehmbar, dekantiert mit heissem Wasser den Niederschlag bis zur 20 000 fachen Verdünnung der Flüssigkeit, bringt den Niederschlag schliesslich auf ein Filter, durch welches man auch die vorherigen Waschwässer hatte gehen lassen, um etwa fortgeführte kleine Partien des Niederschlags zu sammeln und wäscht dann auf dem Filtrum vollständig aus.

Auch dieser Niederschlag wird nach scharfem Trocknen und Glühen, wobei man darauf zu sehen hat, dass die Flamme nicht etwa reduzierend auf das Eisenoxyd wirke, gewogen und so der Gehalt an Eisenoxyd und Thonerde bestimmt.

Es ist unerlässlich, diesen Niederschlag auf etwa vorhandene Kieselsäure, welche bei der ersten Operation mit in Lösung gegangen sein könnte, zu untersuchen, indem man die geglühte Masse unter Wasser fein zerreibt, nach dem Trocknen mit schwefelsaurem Natron schmilzt,

die Schmelze in reichlichem Wasser löst, den bleibenden Rückstand mit verdünnter Schwefelsäure erhitzt, stark eindampft und mit vielem Wasser abermals verdünnt, wobei dann etwa vorhandene Kieselsäure, in wolligen Flöckchen sich ausscheidend, ungelöst bleibt. Die jedenfalls kleine Menge wird abfiltriert, gewaschen, geglüht, gewogen und dann einerseits von dem Thonerde-Eisenoxyd-Niederschlage in Abzug gebracht, der zuerst gefundenen Kieselsäure aber addiert.

Eine neue Portion von etwa 2 g des Thones wird sodann in einem geräumigen Platintiegel mit einer reichlichen Menge konzentrierter Schwefelsäure 12 Stunden lang erhitzt, bis die überschüssige Säure fast, aber nicht ganz verraucht ist. Nach dem Verdünnen und Digerieren presst man das Klare ab, kocht den Rückstand nochmals mit Schwefelsäure auf und bringt, nach abermaligem Verdünnen, denselben endlich auf ein Filter, auf welchem man ihn völlig auswäscht. Dieser Niederschlag repräsentiert wiederum die gesamte vorhandene Kieselsäure, aber die als Sand im Thon enthaltene ebenfalls als Sand, die in chemischer Verbindung aber vorhanden gewesene in durch kohlensaure Alkalien löslicher Form. Man kocht ihn 3 bis 4 mal mit einer Lösung von kohlensaurem Natron bis zur Bildung eines Salzhäutchens ein, verdünnt endlich zum letzten Male, lässt absetzen, bringt den Sand aufs Filter wäscht, trocknet, glüht und wägt.

Die in chemischer Verbindung vorhanden gewesene Kieselsäure ergibt sich nunmehr aus der Differenz der zuerst gefundenen Gesamtmenge und dem nunmehr bestimmten Sande.

Aus der von der Kieselsäure abfiltrierten schwefelsauren Lösung, fällt man, nachdem man auch diese mit einigen Tropfen Salpetersäure aufgekocht, das Eisenoxyd und die Thonerde durch allmähliche Neutralisation mit zweifach kohlensaurem Natron, während Kalk, Magnesia und etwa vorhandenes Mangan als Bikarbonate in Lösung bleibt. In der abfiltrierten Flüssigkeit fällt man nach gehöriger Neutralisation den Kalk mit oxalsaurem Ammoniak als oxalsaurem Kalk, filtriert, trocknet, glüht und wägt ihn in bekannter Weise entweder als Aetzkalk oder als kohlensauren Kalk, worauf man im Filtrat, noch Zusatz von Salmiak, mit phosphorsaurem Ammoniak die Magnesia bestimmt.

Der mit doppeltkohlensaurem Natron erhaltene Thonerde-Eisenoxyd-Niederschlag wird zunächst zur thunlichen Entfernung der Thonerde mit Kalilösung behandelt, dann in Salzsäure gelöst, zur Oxydation mit chlorsaurem Kali versetzt, gekocht bis zur gänzlichen Vertreibung des Chlors und endlich in der stark sauren, kochenden Lösung mittels eben überschüssigen Normal-Zinnchlorürs, zuletzt mit Jodlösung, das Eisen massanalytisch bestimmt und von dem früher gewogenen Thonerde-Eisenoxyd-Niederschlage in Abzug gebracht.

Zur Bestimmung der Alkalien schliesst man eine neue Portion von 2 g mittels Flusssäure auf (vergl. S. 43), löst in Salzsäure, scheidet Schwefelsäure, Thonerde, Eisenoxyd, Magnesia mit reiner, überschüssiger Aetzbarydlösung ab, fällt im Filtrat den Kalk mit kohlensaurem Ammoniak, säuert die von letzterem abfiltrierte Flüssigkeit schwach an, dampft zur Trockne, verjagt den gebildeten Salmiak durch schwaches Glühen, wiederholt die Behandlung mit kohlensaurem Ammoniak und

das Glühen mehrmals und erhält schliesslich als Glührückstand die Chlorverbindungen der Alkalien.

Ausserdem ist noch zu beobachten, dass sowohl Kieselsäurehydrat, wie Thonerdehydrat unverbunden (als freie Kieselsäure resp. freie Thonerde) im Thone vorkommen können. Insbesondere deutet ein hoher Gehalt an chemisch gebundenem Wasser hierauf hin. Die freie Kieselsäure bestimmt man durch wiederholtes Auskochen von etwa 5 g des Thones mit einer konzentrierten Lösung von kohlensaurem Natron, Uebersättigen der erhaltenen Lösungen mit Salzsäure, Verdampfen und Weiterbehandeln, wie bei der Bestimmung der Kieselsäure zu Anfang angegeben. Die freie Thonerde aber ermittelt man durch Schmelzen einer neuen Partie des Thones mit kohlensaurem Natron, Auslaugen der Schmelze mit Wasser, Verdampfen zur Trockne, Lösen in Salzsäure, Verdünnen und Fällen mit Schwefelammonium.

Die auf diese Weise etwa gefundene freie Kieselsäure und Thonerde ist selbstverständlich auf die bereits früher ermittelte Gesamtmenge beider in Anrechnung zu bringen.

Etwa vorhandenen Schwefel bestimmt man endlich, indem man 5 g Thon mit gepulvertem chlorsaurem Kali mengt, allmählich mässig konzentrierte Salzsäure zusetzt, bis zum Verjagen des Chlors in gelinder Wärme digeriert, dann kocht, nach Wasserzusatz, bis alle Säure verdunstet ist, abermals verdünnt und schliesslich die gebildete Schwefelsäure mit Chlorbaryum als schwefelsauren Baryt fällt, aus welchem man den Schwefel berechnet.

Man sieht, dass die Ausführung solcher Analysen nicht nur sehr umständlich ist, sondern auch der Hand eines geschickten Chemikers benötigt. Es sind daher für die pyrometrische Wertbestimmung der Thone mehrfach empirische Verfahrungsweisen vorgeschlagen worden, welche für den praktischen Techniker leichter auszuführen sind und schneller zum Ziele führen.

Als der einfachsten, jederzeit schnell auszuführenden dieser Methoden mag immerhin zunächst der Lötrohrprobe gedacht sein. Kleine Partikeln des zu untersuchenden Thones, welche Bischof in sehr praktischer Form dadurch gewinnt, dass er den betreffenden Thon mit Wasser zu einem dünnen Brei anrührt, diesen auf Papier streicht und trocknen lässt, worauf der Thon in dünnen für den fraglichen Zweck sehr brauchbaren Blättchen sich ablöst, werden mit dem angefeuchteten Ende eines dünnen Platindrahts in Berührung gebracht, worauf sie sich genügend fest an diesen anhängen, um in der Lötrohrflamme sich erhitzen zu lassen. Die Flamme leitet man zunächst, um ein allmähliches Anwärmen des Thons zu ermöglichen, auf den Draht, später erst auf die zu untersuchende Probe. Ist der Thon nicht allzuschwer schmelzbar, so gelingt es dem mit der Handhabung des Lötrohrs einigermassen vertrauten Operateur in wenigen Minuten, die Probe zu einem Schlackenkügelchen zusammenzuschmelzen (die Lötrohrflamme besitzt bekanntlich bei Anwendung einer guten — Plattnerschen — Lampe Platinschmelzhitze) während leichtflüssigere Thone schneller zum Flusse kommen, strengflüssigere endlich eine immer unvollkommenere Schmelzung erleiden, nur an den Kanten sich abrunden oder endlich gar nicht verändern.

Für die besseren Thone reicht aber das Lötrohr nicht mehr aus, auch ist die Methode schon wegen der Kleinheit der verwendbaren Proben nur eine höchst unvollkommene. An die Stelle des Lötrohrs hat daher Otto den sogenannten Sefströmschen Ofen treten lassen, in welchem er gleichzeitig 4 Probesteinchen von 12 × 7 × 4,5 cm, von denen 2 aus dem zu untersuchenden Thone, 2 aus einem andern, bekannten, als Kriterium für die Qualität jenes dienenden, durch Formen, Trocknen und Brennen hergestellt wurden, der Untersuchung unterwirft.

Der zu den Versuchen dienende, **Fig. 23, Taf. II,** abgebildete Ofen hat im Lichten 30 cm Weite und 54 cm Höhe, ist mit 8 schmiedeeisernen Düsen *a,a* von je 7 mm Durchmesser versehen, welche sich in einer Höhe von 10 cm über dem Boden befinden und steht durch das Rohr *R* mit einem Gebläse in Verbindung, welches im stande ist, eine Windpressung bis zu 15 mm Quecksilbersäule zu erzeugen. Der Ofen selbst besteht aus zwei ineinanderstehenden Cylindern von Eisenblech *A* und *B*, deren Wandungen etwa 13 mm und deren Böden etwa 26 mm voneinander entfernt sind. In die äussere Wand ist ein Manometer *M* zur Messung der Windpressung eingesetzt, während der innere Cylinder mit seiner sehr feuerfesten Masse ausgefüttert ist. Die Probesteine legt man auf einer gleichfalls höchst feuerfesten Unterlage von 7 cm Höhe in der durch **Fig. 24, Taf. II,** näher bezeichneten Weise nebeneinander, bedeckt sie mit glühenden Holzkohlen und feuert später mit Koks von Walnussgrösse nach. Schon für recht gute Thone ist der Versuch, welcher so lange dauern soll, bis einer der Thone abzuschmelzen beginnt, bei einer Windpressung von 15 mm in einer Stunde beendet, gerechnet vom Erglühen der Koksfüllung an. Soll der Versuch als gelungen angesehen werden, so müssen die beiden aus ein und demselben Thon angefertigten Steine in ganz gleicher Weise vom Feuer angegriffen sein; andernfalls haben sich während des Blasens einige Düsen verstopft, die Temperatur ist keine gleichmässige gewesen und der ganze Versuch daher zu verwerfen. Einerseits ist es vorteilhaft, recht langsam anzuheizen, damit die Probesteine sich nicht verziehen, anderseits ist die Koksschlacke bei 15 mm Windpressung so flüssig, dass ein Verstopfen der Düsen nicht zu fürchten ist. Man bläst daher zweckmässigerweise bis zum Durchglühen der Koksfüllung nur mit 7,5 mm Druck und steigt dann mit dem letzteren auf 15 mm. Die Methode ist, so ausgeführt, sehr sicher und macht schon kleine Unterschiede in der Feuerfestigkeit bemerkbar; indessen hat auch sie ihre Mängel, indem z. B. die Asche des Brennmaterials nicht ohne Einfluss auf die Proben ist, die Beurteilung des Grades, in welchem jene abgeschmolzen sind, von der subjektiven Anschauung des Operateurs abhängig und daher Fehlern unterworfen ist, und weil endlich die Methode nur einen Vergleich zweier bestimmten Thone also nur eine relative, keine absolute Wertschätzung des Untersuchungsobjekts zulässt.

Die letztere zu ermöglichen, d. h. für die pyrometrische Wertstellung eines Thones einen numerischen Ausdruck zu konstruieren, sind Bischof und Richters bemüht gewesen. Letzterer stützt seine Methode auf die Betrachtung, dass einem bestimmten Thone, um das Gemenge bei einer gewissen hohen Temperatur noch gerade feuerbeständig erscheinen zu lassen, ein um so grösserer Anteil unschmelzbarer, reiner

Thonerde beigemischt werden müsse, je leichter schmelzbar er selber ist. Aber selbst die schlechtesten feuerfesten Thone bedürfen hierzu höchstens eines Zusatzes von 0,8 bis 0,9 ihres Gewichtes und es werden daher Thone, die pyrometrisch nicht sehr verschieden sind, in der zu gewinnenden Skala so nahe aneinander treten, dass sie kaum noch unterschieden werden können; ausserdem aber wird auch der Einfluss nicht zu umgehender Fehlerquellen ein bedeutender sein. Zur Vermeidung dieser Uebelstände hat daher Bischof statt der reinen Thonerde ein Gemenge aus gleichen Teilen Kieselsäure und Thonerde in Anwendung gebracht, welches, zwar nicht unschmelzbar ist, wie die reine Thonerde, aber doch noch einen bis zum Schmelzpunkte des Platins gesteigerten Hitzgrad verträgt, ohne zu erweichen. Versetzt man dieses Gemenge mit einem Thone, der ja in seinen besten Qualitäten immer noch leichtflüssiger ist, so ist folgerichtig die nun entstandene Mischung leichter schmelzbar als jenes Gemenge und zwar um so mehr, von je geringerer Qualität der feuerfeste Thon ist. Umgekehrt wird man daher folgern können, dass irgend ein Thon zur Erlangung eines bestimmten Grades von Unschmelzbarkeit bei einer bestimmten Prüfungstemperatur eines um so reichlicheren Zusatzes jenes Kieselsäure-Thonerde-Gemenges bedürfen werde, je leichtflüssiger er selbst ist. Dieser Zusatz aber wird eben der geringeren Strengflüssigkeit des Gemenges wegen, relativ grösser sein, als er für reine Thonerde gewesen sein würde, es rücken also gewissermassen die Grade der aufzustellenden Skala weiter auseinander, die Thone lassen sich leichter auseinanderhalten, die Fehlerquellen werden weniger fühlbar. Die Skala selbst bildet Bischof in der Weise, dass er für den besten aller bekannten feuerfesten Thone, dessen Feuerfestigkeitskoeffizient früher = 14 ermittelt wurde, die Feuerfestigkeit = 100 Grade, für den schlechtesten noch im Handel als feuerfest geltenden aber = 0 Grad setzt und diesen Abstand in 100 Teile oder Grade teilt. Ein Thon, welcher nun den Zusatz seines gleichen Gewichtes von dem Kieselsäure-Thonerde-Gemenge bedarf, um eine Feuerfestigkeit von 100 Grad zu erlangen, besitzt selbst eine solche von 90 Grad, verlangt derselbe den zweifachen Zusatz, so hat er selbst 80 Grad, bei dreifachem Zusatz 70 Grad u. s. f. bei zehnfachem Zusatz 0 Grad.

Aber es ist nicht das pyrometrische Verhalten der Thone allein, welches ihre grössere oder geringere Brauchbarkeit bedingt; noch eine ganze Reihe anderer Eigenschaften, so die Plastizität, das Schwinden, das Bindevermögen, die Kohäsion, Fettigkeit oder Magerkeit, die Wassersaugekraft sowie die leichtere oder schwierigere Abgabe aufgenommenen Wassers sind als wesentliche Punkte bei der Wertschätzung eines Thones zu berücksichtigen.

Plastisch nennt man im allgemeinen einen Thon, wenn er mit wenig Wasser durchfeuchtet zu dünnen Platten ausgewalzt, geformt und geschnitten werden kann, ohne zu reissen, wenn Kugeln verschiedener Grösse, die man aus ihm bildete, durch sanften Druck bis zur Hälfte des ursprünglichen Durchmessers sich zusammendrücken, oder wenn cylinderförmige Rollen sich zu Ringen zusammenbiegen lassen, ohne Risse zu zeigen und wenn beim Auseinanderziehen länglicher Stücke

vor Eintritt des Bruchs Querschnittsverminderungen sich bemerkbar machen, welche eine gewisse Dehnbarkeit des Materials anzeigen.

Mit der Plastizität oder der Bildsamkeit steht ferner das Bindevermögen in naher Verbindung, ohne dass gerade die eine das andere bedingt. Unter dem Bindevermögen versteht man die Fähigkeit der Thone, im mit Wasser angemachten Zustande andere pulverförmige oder auch mehr oder weniger grobkörnige Substanzen in ihre Masse aufzunehmen und mit ihnen zu einem Ganzen von gewisser mechanischer, Festigkeit zusammenzutrocknen. Diese Eigenschaft ist um so wertvoller als sie, wenn im hohen Grade vorhanden, ermöglicht, dem Thone grosse Mengen anderer Substanzen zu inkorporieren, welche entweder sein pyrometrisches Verhalten zu verbessern im stande sind, oder aber die Mängel einer allzugrossen Bildsamkeit, welche sich in starkem Schwinden, Reissen, Verwerfen beim Trocknen der geformten Objekte und beim Brennen derselben äussern, zu beseitigen.

Um auch das Bindungsvermögen der Thone behufs ihrer gegenseitigen Vergleichung in Zahlen ausdrücken zu können, hat Bischof einen sehr einfachen, für technische Zwecke jedoch zu genügenden Resultaten führenden Weg eingeschlagen.

Er setzt den Thonen das 1, 2, 3 oder mehrfache ihres Gewichts feinsten Quarzpulvers zu, welches ein stets gleichbleibendes, feines, etwa 500 Maschen pro Quadratzentimeter enthaltendes Sieb passiert hat, mischt sorgfältig, formt aus dem Gemenge unter Wasserzusatz kleine Cylinder, welche nach dem darin enthaltenen Quarzzusatze numeriert werden. Werden dann diese einzelnen Proben nach völligem Trocknen unter gelindem Drucke gegen den Ballen des Zeigefingers gestrichen, so werden bei dieser Operation von einem gewissen Quarzzusatze an die Proben abstäuben. Die Nummer derjenigen Probe, bei welcher dies Abstäuben eben bemerklich wird, ist dann gleichzeitig der numerische Ausdruck für das Bindevermögen des betreffenden Thons in der Weise, dass man z. B. von einem Thone dessen zehnte, d. h. mit der zehnfachen Quarzmenge versetzte Probe das Abstäuben zuerst zeigt, sagt, es sei ihm ein Bindevermögen $B = 10$ eigen. Da das ganze Verfahren darauf hinausläuft, diejenige Zusatzmenge zu ermitteln, bei welcher der Druck der Probe gegen den Finger genügt, den Zusammenhang zwischen den einzelnen Teilchen jener aufzuheben, so wird in der Unmöglichkeit, diesen Druck stets in gleicher Weise auszuüben, eine wohl zu beachtende Fehlerquelle zu finden sein. Eine Ermittelung der relativen Festigkeit der in grösserem Massstabe als Stäbe von quadratischem Querschnitt ohne Zusatz von Quarzmehl hergestellten Proben, würde daher wohl geeignet erscheinen, genauere Resultate zu liefern. Man formt zu dem Ende aus den einzelnen Thonen Stäbe von stets gleichem etwa 0,0025 qm haltendem Querschnitt und prüft sie nach gehörigem Trocknen in der Weise auf ihre relative Festigkeit, dass man sie nach **Fig. 25, Taf. II,** auf zwei etwa 0,1 m voneinander abstehenden stumpfen Schneiden aufhängt, genau auf ihre Mitte einen gleichfalls mit stumpfer Schneide versehenen Bügel aufsetzt, an diesen eine leichte Wageschale hängt und letztere durch aufgelegte kleine Gewichte bis zum Bruche des Stabs belastet. Die Summe der verwendeten Gewichte zuzüglich des ein für allemal ermittelten Gewichts der Schale und des

Bügels repräsentiert das in Rechnung zu bringende Bruchgewicht und das Verhältnis des letzteren zu demjenigen eines Thones von höchster Bindekraft den numerischen Ausdruck für das Bindevermögen des untersuchten Thons.

Thone, welche bei grosser Plastizität ein bedeutendes Bindungsvermögen besitzen werden im praktischen Leben gewöhnlich fette Thone genannt, die entgegengesetzt gearteten bezeichnet man als magere. Die ersteren zeigen gewöhnlich in hohem Masse die als Folge grosser Bildsamkeit bereits angeführte Eigenschaft des Schwindens, einer Erscheinung, über welche erst die neuesten Untersuchungen Arons einiges Licht verbreiteten. Gestützt auf mikroskopische Untersuchungen und Berechnungen vindiziert Aron den kleinsten Teilchen des Thons eine kugelförmige Gestalt und er denkt sich eine plastische Thonmasse aus einer grossen Menge solcher, in gleichem Abstande voneinander befindlicher, im Wasser suspendierter Kügelchen, welche sich im Gleichgewichte befinden, bestehend da, obgleich die Kügelchen sich gegenseitig schon anziehen und daher zu nähern suchen sich zwischen ihnen ein System von Kapillarröhren gebildet hat, in denen weder jene Anziehungskraft, noch die Schwerkraft, welche die Kügelchen niederzuziehen sucht, das Wasser fortzutreiben vermag. In dem Masse nun, in welchem beim Trocknen das Wasser an der Oberfläche verdunstet, saugen jene Kapillarröhrchen neues Wasser aus den Zwischenräumen zwischen den Thonkügelchen an, es erneuerter Verdunstung an der Oberfläche entgegenführend. In demselben Masse aber auch, in welchem sich auf diese Weise jene Zwischenräume entleeren, nähern sich die Kügelchen, der Anziehungskraft folgend, bis sie endlich aneinanderstossen und nur noch in ihren Zwischenräumen noch Wasser einschliessen. Bis zu diesem Augenblicke war daher mit dem Trocknen der plastischen Masse auch eine Volumverminderung derselben entsprechend dem Näherrücken der Kügelchen, verbunden, die Masse „schwand"; von nun an aber vollzieht sich das weitere Trocknen ohne weitere Volumverminderung, die Kügelchen können sich nicht mehr nähern und es verdunstet lediglich das in ihren Zwischenräumen noch vorhandene, das sogenannte Porenwasser. Hiermit stimmt die Thatsache sehr wohl überein, dass beim Trocknen geformter Thonwaren das Schwinden nicht bis zum völligen Trocknen, allmählich geringer werdend, fortschreitet, dass es vielmehr vor beendigtem Trockenprozesse gänzlich aufhört.

Es ist mehrfach, namentlich von Gaffard, der Vorschlag gemacht worden, da, wo die Natur in der Nähe brauchbares Material nicht liefert, feuerfesten Thon sich auf die Weise zu verschaffen, dass man die Basen, die in der Hitze die Verglasung herbeiführen, d. h. die Ursache der Schmelzbarkeit der Thone sind (wie Kalk, Bittererde, Eisenoxyd, Natron und Kali), durch Behandlung mit roher Salzsäure entfernt. Es dürfte jedoch sehr zu bezweifeln sein, dass auf diesem Wege der beabsichtigte Zweck sich erreichen lasse. Ist schon die Behandlung so grosser Massen von Thon mit Salzsäure eine äusserst schwierige Operation, so ist es fast unmöglich die entstandenen Chlorverbindungen durch Auswaschen vollständig zu entfernen; in der That haben auch eigens von uns angestellte Versuche, die genannten Körper mit Salzsäure auszuziehen, nach der einen wie nach der andern Seite vollständig nega-

tive Resultate geliefert, indem der Thon nach dieser Behandlung wenig oder nichts von seiner Schmelzbarkeit verloren hatte.

Die Zubereitung des Thons. Die Scheidung. Je nach der Beschaffenheit des feuerfesten Thons ist man genötigt, denselben vor seiner Anwendung gewissen Manipulationen zu unterwerfen, um ihn, wo es nötig, von gewissen darin sich vorfindenden fremden Körpern zu befreien. Zunächst lässt man den noch plastischen Thon unter einem Schuppen längere Zeit an der Luft trocknen, worauf man nach seinem äusseren Ansehen und seiner Beschaffenheit die Trennung bewirkt. Die grösseren Blöcke zerschlägt man in Stücke, liest die Feuersteine, den Schwefelkies und alle fremden Körper aus und bildet je nach ihrer Gleichförmigkeit und Dichtigkeit, um verschiedene Qualitäten zu erhalten, mehrere Haufen. Diese Vorarbeit ist bei Thonen von unregelmässiger Struktur, oder wenn sie nicht aus derselben Grube stammen, unerlässlich, indem, wie dies die Analysen und auch die Erfahrung darthun, die Eigenschaften der Thone in den verschiedenen Schichten mannigfachem Wechsel unterworfen sind.

Das Mahlen des Thons. Nach beendigter Trennung durch Auslesen, bringt man den Thon in ein feines Pulver, indem man sich einer der Seite 76 u. f. beschriebenen Zerkleinerungsmaschinen bedient. Sehr gewöhnlich sind Walzen- oder Kollermühlen zu diesem Zwecke im Gebrauch, während die Poch- und Stampfwerke immer mehr verschwinden. Manche Glashütten wenden mit Erfolg die amerikanische Bogardusmühle mit zwei exzentrisch gefurchten Scheiben aus Gusseisen an, um den Thon (auch die Schamotte, Quarz, Kalk u. s. w.), in feines Pulver zu verwandeln. An manchen Orten, besonders in England, sind auch Maschinen mit konischem Kern, nach Art der Lohmühlen im Gebrauch. Eine solche Maschine ist in **Fig. 26, Taf. II,** abgebildet; sie besteht aus einem gusseisernen, nach oben trichterförmig erweiterten Mantel A, dessen innere Oberfläche mit zahlreichen scharfen Riefen besetzt ist und der auf vier Füssen B steht. Innerhalb dieses Mantels dreht sich um die Welle D, welche einerseits in dem Spurlager F, anderseits in dem Halslager D' ruht, die gusseiserne Glocke C, deren Oberfläche ebenfalls gerieft ist. Mittels des Stellrades G kann man die Glocke heben oder senken und hierdurch ein feineres oder gröberes Korn erzielen. Der Antrieb erfolgt durch das konische Rad H, in welches ein auf der Welle L aufgekeiltes Getriebe eingreift; die Welle L trägt ausserdem das die Bewegung regulierende Schwungrad K und die Riemenscheibe I, welche ihrerseits die Triebkraft aufnimmt.

Das Sieben. Der gemahlene Thon muss gesiebt werden und es ist ökonomisch von grosser Wichtigkeit, diese Operation durch mechanische Siebvorrichtungen mit dem Mahlen des Thons zu verbinden.

Die vorteilhaftesten Siebe sind cylindrische oder sechsseitige Beutelkasten von ähnlicher Einrichtung, wie **Fig. 27, Taf. III,** sie vorführt. Dieselben bestehen aus einem hölzernen Kasten A mit starkem Rahmenwerke auf vier Füssen stehend, ca. 2,50 m lang, 1 m tief, 1,50 m hoch. In diesem Kasten liegt geneigt das sechsseitige Beutelprisma B, welches am zweckmässigsten mit Messingdrahtgaze bespannt ist. Die Welle b des Prismas erhält ihre Bewegung durch das Kegelräderpaar ef, von welchen das letztere auf der vertikalen, durch die kleine Riemen-

scheibe *h* angetriebenen Welle *g* führt. Am entgegengesetzten Ende liegt der Wellzapfen *a* nur in einem vertikalen Schlitz und wird durch das aufgekeilte Rad *i*, welches 6 vorspringende Daumen trägt, die bei der Umdrehung alternierend auf ein untergelegtes Holz aufschlagen, in rüttelnde Bewegung versetzt. Das von der Mühle, welche in der Zeichnung durch *l* repräsentiert wird, kommende Thonmehl gelangt durch die Lutte *k* am obern Ende des Beutels in diesen, wird teils infolge der Dreh-, teils infolge der Rüttelbewegung durch das Sieb getrieben und sammelt sich im unteren Raume des Kastens, während gröbere Teile durch die Lutte *l* aufgefangen und in das Gefäss *m* eingeführt werden, um nochmals auf die Mühle zurückgegeben zu werden.

Den so gemahlenen und gesiebten Thon bewahrt man in grossen hölzernen verschliessbaren Kästen auf und bezeichnet diese mit dem Namen der Thonart.

Das Schlämmen des Thons. Wenn der rohe Thon kein homogenes Ganze bildet und, wie es meistens der Fall ist, viele fremde Körper enthält, so muss er nach dem Sortieren, aber vor dem Mahlen, einem Schlämmprozesse unterworfen werden. In einfachster Weise bringt man ihn zu dem Ende in einen grossen hölzernen Bottich, in dessen Mitte eine vertikale, mit Flügeln versehene Welle steht, giesst durch ein Sieb klares Wasser auf und lässt ihn sich vollsaugen; dann zerteilt man ihn im Wasser, indem man die Welle in Bewegung setzt. Wenn die Schlämme eine solche Konsistenz angenommen hat, dass ein Tropfen an dem eingetauchten Finger hängen bleibt, öffnet man einen Spund, welcher sich 10 cm über dem Boden des Bottichs befindet und lässt die trübe Flüssigkeit, nachdem sie zuvor ein Sieb passiert, vermittelst eines Kanals in eine hölzerne oder gemauerte Zisterne gelangen, die so eingerichtet ist, dass das Wasser abgelassen werden kann, nachdem sich der Schlamm zu Boden gesetzt hat.

Sobald der Bottich leer ist, entfernt man die zurückgebliebenen Kieselsteine u. s. w., reinigt das Sieb und beginnt eine neue Operation.

Leistungsfähiger ist folgender in **Fig. 28, Taf. II,** abgebildeter Apparat.

Ein viereckiger Behälter *aaa* von $2^1/_2$ m Länge, 1 m Breite und $^1/_2$ m Tiefe, auf die Balken *ddd* aufgezogen und auf den Stützen *bb* ruhend, ist mit einer horizontalen eisernen oder hölzernen Welle *ooo* versehen, die zahlreiche, aus dem gleichen Materiale gefertigte Rührarme *ccc* von 40 cm Länge, von denen je zwei einen Winkel von 45^0 biiden, trägt, deren, falls sie aus Holz bestehen, mit Eisen beschlagene Enden zwischen sich und den Wänden des Behälters einen 10 cm freien Raum lassen. Es entsteht hierdurch an den Wandungen eine Thonrinde, in welche Steine, Kalksteinknollen u. dgl. eindringen. In diesen Apparat bringt man den eingesumpften Thon und füllt ihn voll Wasser. Nachdem man den Deckel aufgesetzt hat, lässt man die Welle sich umdrehen und den aufgerührten Thon durch den 10 cm über dem Boden befindlichen Spund in eine Zisterne, die mit verglasten Ziegelsteinen ausgelegt ist, abfliessen.

Wenn sich nach einigen Tagen Ruhe der geschlämmte Thon am Boden der Zisterne abgelagert hat, zieht man das überstehende klare Wasser ab, zerschneidet mittels eines Messers den Thon in Stücke und

lässt diese an der Luft unter einem Schuppen trocknen. Damit keine Missgriffe vorkommen, legt man ein Magazin an, welches eigens zur Aufnahme des rohen, des sortierten, des zerriebenen und gebrannten und des gemahlenen und gebrannten Thons dient. Jede Art wird in einem verschliessbaren Kasten, der den Namen des Thons und die Art seiner Zubereitung anzeigt, aufbewahrt. Die zur Bearbeitung des Thons gebrauchten Werkzeuge sollen nicht auch bei den Glasmaterialien benutzt werden.

Magerungsmittel. Um die mehrfach erwähnten Uebelstände, welche eine zu grosse Plastizität und damit zusammenhängende zu starke Schwindung der Thone im Gefolge haben, thunlichst zu beseitigen, versetzt man die letzteren bei ihrer Verarbeitung mit gewissen Substanzen, welche die Plastizität herabzumindern, den fetten Thon zu magern vermögen. Gleichzeitig erleichtern diese Magerungsmittel das Entweichen des Schwindungs- und Porenwassers beim Trocknen, sowie des chemisch gebundenen Wassers beim Brennen der geformten Objekte und werden somit Veranlassung zu einer leichtern Durchführung des Trocknen- und Brennprozesses, wie sie endlich die Widerstandsfähigkeit der fertigen Produkte gegen die schädlichen Einflüsse etwaigen Temperaturwechsels zu erhöhen vermögen. Als das vorzüglichste dieser Magerungsmittel ist der gebrannte und gemahlene Thon selbst, die Schamotte, zu bezeichnen. Man gewinnt die Schamotte entweder aus rohem feuerfesten Thone, welchen man in den Brennöfen für die feuerfesten Produkte oder in eigenen Oefen, welche dem früher beschriebenen und **Fig. 8, 9** und **10, Taf. I,** abgebildeten Quarzglühofen ähnlich konstruiert sind, brennt und mahlt, oder man benutzt alte Ofensteine, Hafenscherben oder sonstigen Abfall besserer feuerfester Produkte zur Herstellung derselben. Wird roher Thon verwendet, so beschickt man den Ofen mit 15 bis 25 cm dicken Thonschollen, welche man unter Belassung der nötigen Zwischenräume für den Durchzug der Feuerluft in jenem aufschichtet. Der Brand muss so geleitet werden, dass der Thon anhaltend und gleichmässig durchglüht, um etwa vorhandene Kohle oder andere organische Substanzen völlig verbrennen, doch darf die Erhitzung niemals bis zur eintretenden Erweichung getrieben werden. So einfach hiernach die Operation des Schamottebrennens erscheint, ist es doch schwer, in der Praxis das von der Theorie vorgezeichnete Ziel zu erreichen, welches nach Bischof*) in der Lösung einer dreifachen Aufgabe gipfelt und zwar:

1. Es muss die Erhitzung solange geschehen, dass der Thon alle Schwindung hergebe und sich völlig verdichte.

2. Es darf aber die Verbindungsfähigkeit nicht verloren gehen und eine Verglasung oder gar Aufblähen nicht eintreten.

3. Der Thon muss unaufschliessbarer und damit feuerfester werden und indifferenter gegen flüssige Schlacke, schmelzendes Glas etc.

Das Zerkleinern des gebrannten Thons oder der sonstigen feuerfesten Abfälle geschieht auf ähnlichen Maschinen, wie wir sie, als für die Zerkleinerung des Quarzes gebräuchlich, bereits an einer früheren Stelle beschrieben haben.

*) a.a.O, pag. 168.

Es ist nicht gleichgültig, in welcher Korngrösse die Schamotte verwendet wird, und welche Gestalt die einzelnen Körner derselben haben. Je feiner das Korn ist, eine um so homogenere und verhältnismässig plastischere Masse erhält man, die sich bei stärkerer Schwindung um so fester brennt, so dass man beispielsweise die Glashäfen dünnwandiger herstellen kann, infolgedessen die Schmelze schneller von statten geht.

Aber mit der zunehmenden Feinheit der Schamotte nimmt auch die Fähigkeit der Produkte, Temperaturwechsel zu ertragen ab. In den meisten Fällen erscheint es daher richtig, einen Teil der Schamotte als grobes Korn zu verwenden und diesem soviel Feineres zusetzen, dass die Zwischenräume der gröberen Körner von dem letzteren ausgefüllt werden. Die auch von Bischof vorgeschlagene Methode zur Ermittelung der hierzu erforderlichen Quantität, das Zufügen einer gemessenen Wassermenge zu der in einem kalibrierten Gefässe befindlichen grobkörnigen Schamotte bis das Wasser eben an der Oberfläche sich zeigt, dürfte wegen der noch vorhandenen Absorptionsfähigkeit der Schamotte richtige Resultate nicht ermöglichen.

Um die Zwischenräume der gröberen Schamottekörner auf ein möglichst geringes Mass zu reduzieren, hat man darauf zu sehen, dass jene Körner beim Mahlen mehr flach und kantig als rund ausfallen. Denn die Kugel ist derjenige Körper, welcher bei gegebenem Inhalte die kleinste Oberfläche hat und es wird daher auch eine rundkörnige Schamotte grössere Zwischenräume bedingen, als eine unregelmässige, vorzüglich eine als plattenförmige Körner sich repräsentierende.

Die Menge von Schamotte, die ein Thon bedarf, um zur Anfertigung von Häfen und Ziegeln brauchbar zu werden, annähernd zu bestimmen, hat man nur nötig, ein Stück Thon fein zu reiben, dasselbe bei 100° C. zu trocknen, dann 100 g davon abzuwägen und eine Stunde lang der Rotglut auszusetzen und alsdann, sobald es die Hitze erlaubt, wieder zu wägen. Stellt sich ein Verlust von 3 g oder noch weniger heraus, so bedarf der untersuchte Thon fast gar keines Schamottezusatzes, wohingegen derjenige den grössten Zusatz verlangt, der den grössten Verlust erlitten hat.

Durch den kleineren oder grösseren Zusatz von Schamotte kann man zwar das Schwinden eines Thons vermindern, gleichzeitig beeinträchtigt man aber auch die Plastizität oder die Kohäsion, welche die Moleküle aufeinander ausüben und zwar in demselben Verhältnis, als die Zerteilung durch die Zwischenlagerung der Schamotte grösser wird.

Es geht hieraus hervor, dass von zwei aus demselben Thone hergestellten Gemengen, von denen das eine aus gleichen Teilen Thon und Schamotte und das andere aus 2 Teilen der letzteren und einem Teile Thon besteht, die Plastizität wie auch das Schwinden des ersteren grösser sein wird als die des anderen, so dass man Häfen mit dünnen Wänden daraus wird anfertigen können, welche dem Druck ebensogut widerstehen, wie die Gefässe mit dickeren Wänden aus dem zweiten Gemenge.

Diese beiden Thatsachen zeigen, dass man die Plastizität nicht überall dem Schwinden opfern darf; im Gegenteil muss man fette Gemenge herstellen, wenn der zu formende Gegenstand die Bestimmung

hat, einem starken Drucke, einem fortwährenden Angriff der schmelzenden Substanzen, oder beiden Einwirkungen zu gleicher Zeit zu widerstehen. In einem solchen Falle nimmt man weniger Rücksicht auf das grössere oder geringere Schwinden, und sucht, wie man es bei den Häfen und den Gewölbsteinen thut, durch sorgfältigeres Trocknen und Brennen den nachteiligen Folgen zu begegnen.

Magere Gemenge dagegen wendet man an, wenn man das Schwinden vermeiden, oder Gegenstände, die einem plötzlichen Temperaturwechsel ausgesetzt werden müssen, vor dem Zerspringen zu behüten.

Die stark gebrannten feuerfesten Thone nehmen für den vorgedachten Zweck den ersten Rang ein; fast dieselben Dienste leisten, wie bereits bemerkt, die gepulverten Scherben der Porzellankapseln und der Glashäfen, besonders wenn letztere von allem anhängenden Glase sorgfältig gereinigt worden sind. Beide Arten von Schamotte werden zur Anfertigung der Glashäfen und feuerfesten Steine angewendet; doch bedienen sich einige Glashütten auch des gemahlenen Quarzes sowie zuvor gewaschenen und geglühten Quarzsandes als Versatzmittel. Selbstverständlich wird dieser Zusatz sich billiger beschaffen lassen, als die Schamotte. Steht aber ein guter Thon zur Verfügung, so wird ein Quarzzusatz zufolge der oben gegebenen Darlegungen auf die Qualität der Produkte nur einen ungünstigen Einfluss auszuüben vermögen, wohl aber wird derselbe, ist man gezwungen, Thone von mittlerer Güte zu verarbeiten, diese einigermassen verbessern, niemals aber in hervorragender Weise ihre Widerstandsfähigkeit steigern können.

Quarz, Sand, Sandstein. Ueber das Vorkommen und die Eigenschaften, auch über die pyrometrischen, des Quarzes (der Kieselsäure) und des Quarzsandes ist bereits an mehreren Orten so ausführlich gesprochen worden, dass wir eines Weiteren darüber uns hier enthalten und lediglich auf eine Besprechung ihrer Verwendung zu feuerfestem Mauerwerk sei es als natürlicher Sandstein, als künstlicher Quarz- sogenannter Dinasstein oder als stampfbare Masse uns beschränken können.

Was zunächst die Sandsteine anlangt, so bieten dieselben ein auch heute noch sehr geschätztes Material, namentlich zur Konstruktion gewisser Teile der Schmelzöfen. Selbstverständlich sind nur Steine mit kieseligem oder thonigem Bindemittel zu verwenden, während solche mit kalkigem Bindemittel unbrauchbar sind, da sie in der hohen Temperatur der Oefen erweichen und infolge der entweichenden Kohlensäure sich aufblähen.

Vorzüglich geeignete Steine finden sich in Deutschland in der Grafschaft Glatz, bei Bückeburg, Magdeburg und an andern Orten, während in Frankreich die Steine von Fontainebleau für Glasöfen sehr gesucht sind. Vor der Verarbeitung müssen die Sandsteine längere Zeit wohl austrocknen, und im Ofen sind sie sehr vorsichtig anzuwärmen. Auch hat man, wenn man geschichtete Steine dazu verwendet, wohl darauf zu sehen, dass nicht die Lagerseite, sondern die Kopfseite der Schichten gegen das Feuer gerichtet wird, weil die Steine sonst abblättern.

Da die Sandsteine unter der Einwirkung der Hitze sich ausdehnen, wachsen, so muss man sie, je nach ihrer Länge mit 2 bis 4 cm weiten Fugen verlegen, welche sich dann später schliessen. Aber gerade aus

diesem Grunde bieten die Sandsteine ein vorzügliches Material zur Herstellung der Bänke nicht allein in den Hafen- sondern auch in Wannenöfen, in welchen letzteren man die Ofensole als Bank ansprechen kann. Die dichtgeschlossenen Fugen erschweren dem geschmolzenen Glase den Eintritt in das Mauerwerk und tragen daher wesentlich zur Konservierung des letzteren bei.

Die Dinassteine wurden zuerst in England aus einem im Neathale in Südwales teils als Fels anstehenden, teils als Sand vorkommenden Material von der Zusammensetzung

Kieselsäure	98,31
Thonerde	0,72
Eisenoxyd	0,18
Kalk	0,22
Alkali	0,14
Wasser	0,35
	99,92

hergestellt, zu welchem Ende das Gestein zwischen gusseisernen Walzen zermalmt, das erhaltene aus gröberen und feineren Teilen bestehende Pulver mit etwa 1 Prozent Kalk, welcher in der erforderlichen Menge Wasser verteilt ist, vermischt, in eiserne Formen gepresst, getrocknet und gebrannt wird. Nach Bischof*) sind die äusseren Kennzeichen der besten englischen Marken eine weisse, etwas ins Gelbliche stechende Farbe mit einzelnen dunkleren, von einem Eisengehalte herrührenden Flecken, ganz dünner, glasurartiger Ueberzug, grosse Festigkeit, vermöge deren mehrfache, kräftige Hammerschläge zum Zerbrechen des Steins erforderlich sind und ein Bruch von zuckerartigem Ansehen, welcher in einer weissen, kaum hellgelblichen Grundmasse, einzelne rötliche Flecken und weisse oder graue Sandsteinstücken von der Grösse einer halben Erbse etwa erkennen lässt. Diese Steine besitzen grosse Schwerschmelzbarkeit und wachsen im Feuer, wie die Sandsteine, geben daher auch wie diese enge Fugen, sind aber sehr empfindlich gegen Temperaturwechsel. Namentlich für die Gewölbe kontinuierlicher Glasöfen, in denen sie jenem nicht ausgesetzt sind, bilden sie daher das augenblicklich fast ausschliesslich verwendete Material. Zu ihrer Vermauerung bedient man sich des aus der Masse der Steine selbst mit einem Zusatze von Kalk hergestellten Dinaszements, auf dessen Güte und richtige Zusammensetzung viel ankommt.

Magnesiasteine. In neuester Zeit hat man, gestützt auf die höchst interessanten Arbeiten von St. Claire-Deville, gelungene Versuche gemacht, feuerbeständige Produkte aus gebrannter Magnesia anzufertigen. Letztere bildet ebensowenig wie der Kalk mit den Alkalien oder dem Eisenoxyd schmelzbare Verbindungen und unterscheidet sich also hierdurch wesentlich von der Kieselsäure, die bis jetzt noch den vorherrschenden Bestandteil der feuerfesten Tiegel und gebrannten Steine bildet.

Im reinen Zustande kommt die Magnesia in der Natur nicht vor, dagegen sehr häufig in Verbindung mit andern Körpern, namentlich mit

*) a. a. O. pag. 271.

Chlor, Kohlensäure und Schwefelsäure, aus welchen Verbindungen sie erst abgeschieden werden muss. Am leichtesten geschieht dies aus dem Chlormagnesium, welches den wesentlichsten Bestandteil der Mutterlaugen des Meerwassers und der Salinen ausmacht, in grösster Menge aber auch in den sogenannten Kalifabriken zu Stassfurt als Nebenprodukt, und zwar auch hier in Auflösung, gewonnen wird. Um hieraus die reine Bittererde zu erhalten, dampft man die Laugen zur Trockne ein, glüht den Rückstand, wäscht diesen mit reinem Wasser aus, bis alles Chlorkalium entfernt ist, sammelt das Ungelöste, presst das anhängende Wasser ab und trocknet hierauf vollständig an der Luft. Beim Glühen zerlegt sich das Chlormagnesium unter Mitwirkung des Wassers; es bilden sich Salzsäure, die verflüchtigt wird, und Magnesia, die mit Chlorcalcium, -kalium und -natrium gemengt zurückbleibt. — Einfacher würde sich reine Bittererde aus dem kohlensauren Salze, welches an manchen Orten der Erde (in Deutschland bei Frankenstein in Schlesien) in grossen Massen vorkommt und den Namen Magnesit führt und zwar durch blosses Glühen, wobei der Magnesit seine Kohlensäure verliert, gewinnen lassen. Die so erhaltene Bittererde befindet sich jedoch nicht in einem so fein zerteilten Zustande, wie aus Chlormagnesium dargestellte, so dass es zweifelhaft erscheint, ob die durch einfachen Druck aus derselben geformten Gegenstände, resp. Häfen die nötige Festigkeit erlangen. — Mit Wasser zu einem steifen Teig angemacht erhält man eine Masse, die nach einer Stunde soweit erhärtet ist, dass man daraus Gegenstände von jeder beliebigen Form schneiden kann, die dann im Verlauf einiger Stunden (6 bis 8) steinhart werden. In diesem Zustande enthält sie sehr viel überschüssiges Wasser, nach dessen Entfernung durch vorsichtiges Trocknen die Gegenstände geglüht werden können, ohne ihre Form zu verlieren oder zu reissen. Hiernach bewahrt zwar die Masse noch vollständig ihren Zusammenhang, allein dieselbe ist nicht sehr fest, auch genügen die bis jetzt erzeugten Magnesiasteine in pyrometrischer Hinsicht noch keinen hohen Anforderungen.

Die Anfertigung der Häfen und gebrannten Steine.

Die Häfen *(pots, creusets, melting-pot).* Jede Glashütte besitzt zur Anfertigung ihrer Häfen und der zum Bau ihrer Oefen nötigen Steine einige Räumlichkeiten und besondere Arbeiter, die Hafenmacher. Da das Gedeihen der ganzen Anlage hauptsächlich mit von der guten Beschaffenheit dieser Gegenstände abhängt, so sollte seitens des Glasfabrikanten alle Aufmerksamkeit auf die möglichste Vervollkommnung in der Anfertigung derselben gerichtet sein. Statt diesen wichtigen Zweig seines Geschäfts herumziehenden, oft nur für die Dauer einer Kampagne angenommenen Häfenmachern anzuvertrauen, sollte er diese Arbeiter auf wenigstens einige Jahre und nur solche engagieren, von deren Umsicht und Geschicklichkeit er sich hinreichend überzeugt hat. Was geschieht aber auf den meisten Glashütten? Der neuengagierte Hafenmacher bringt sein Wissen, welches er während der ganzen Zeit seines Aufenthalts dem Etablissement zu Gute kommen lässt, mit, ohne verpflichtet zu sein, diesem das Geheimnis seiner Erfahrungen, welches

sein Betriebskapital bildet, mitzuteilen. Während er Häfen und Steine auf seine Weise anfertigt, gebraucht man einen Ofen und Hafen, die von seinem Vorgänger hergestellt worden sind und deren Zusammensetzungen dem Besitzer der Glashütte vielleicht ganz unbekannt sind. Missraten die Häfen, der Ofen, so bemächtigt sich des Fabrikanten Besorgnis und Misstrauen für die Zukunft der Hütte; mit Recht oder Unrecht ähnliche Resultate bei den neuen Häfen befürchtend, ist er nicht im stande sich von diesen Befürchtungen loszumachen, oder sich durch irgend einen Versuch über den Ausgang des Unternehmens Gewissheit zu verschaffen, weil er, um die neuen Häfen zu trocknen, 3 bis 4 Monat Zeit braucht. Angenommen, die mit den neuen Häfen angestellten Versuche liefern nach vier Monaten unaufhörlicher Angst ein ungünstiges Resultat, so müssen alle während dieser Zeit von dem Hafenmacher noch angefertigten Häfen umgearbeitet werden, ohne dass dagegen der Fabrikant irgendwie vorwärts gekommen wäre. Der Hafenmacher, der sein Gewerbe nur durch Routine erlernt hat, würde, entmutigt von einem so kläglichen Resultate, kein Gegenmittel zu finden wissen, denn aus dem engen Kreise seiner Kenntnisse einmal heraus, fehlt es ihm an jeder höheren Anleitung. — Man darf nicht vergessen, dass Häfen, die für den einen Brennstoff und einen gewissen Glassatz sehr gut sind, möglicherweise für einen andern Brennstoff und eine andere Zusammensetzung ganz unbrauchbar sein können.

Obgleich man den Hafenmacher nur auf genügenden Nachweis seiner Geschicklichkeit von einem andern Orte hatte kommen lassen, so liegt hierin doch keine Bürgschaft, dass er auch den Bedürfnissen der neuen Stelle genügen müsse. Es ist daher jedenfalls vorzuziehen, den Hafenmacher, der den Beweis seiner Umsicht, Geschicklichkeit und seines Eifers geliefert hat, auf mehrere Jahre und nicht für die Dauer einer Kampagne allein zu engagieren. — Noch besser wurde es freilich sein, wenn der Glasfabrikant selbst alle nötigen Kenntnisse besässe und das Gedeihen seines Unternehmens von ihm allein abhängig wäre; ausser anderm würde sich hieraus insofern eine wesentliche Ersparnis ergeben, als er künftig gewöhnliche Handarbeiter würde verwenden können, deren Arbeiten er nur zu überwachen braucht, um stets dieselben Resultate zu erhalten.

Von diesem Standpunkte aus wird es nicht ohne Interesse sein, die von Flamm*) mit den in Europa am meisten gebräuchlichen feuerfesten Thonen angestellten Versuche mitzuteilen. Sie können den Untersuchungen, welche die Glasfabrikanten, die sich mit diesem wichtigen Zweige ihrer Industrie vertraut machen wollen, als Grundlage dienen, vermöge welcher sie sicher und mit wenig Kosten die geeigneten Zusammensetzungen der in ihrer Glashütte angewendeten Thone finden können.

Die Häfen dienen zum Schmelzen der Glasmaterialien und sind fortwährend der höchsten Temperatur des Schmelzofens, dem unaufhörlichen Angriff der schmelzenden Substanzen und dem von dem flüssigen Glase auf ihre Wände ausgeübten Drucke ausgesetzt. Die zur Anfertigung der Häfen angewendete Thonmasse muss daher allen diesen Angriffen

---

*) Le verrier du XIX siècle pag. 84.

Widerstand leisten können. Die Gemenge für die Häfen werden aus dem besten feuerfesten und aus gebranntem Thone zusammengesetzt, wobei die gegenseitigen Verhältnisse nach der Beschaffenheit des anzuwendenden Thones wechseln.

Nachdem wir das über die Vorbereitung Nötige schon früher beigebracht haben, bleibt uns nur übrig die Zusammensetzung der verschiedenen Gemenge, die Zurichtung und die Behandlung, die die Häfen von ihrer Entstehung bis zu ihrer Beendigung erfahren, mitzuteilen.

Um für einen Thon, den man für diesen Zweck vorher analysiert und dessen Schwinden und sonstige in Betracht kommende Eigenschaften man ermittelt hat, möglichst schnell das beste Gemenge für Häfen zu finden, empfehlen wir folgenden Gang einzuhalten, der stets zu dem gewünschten Ziele geführt hat.

Man fertigt eine Reihe von 10 Häfen aus zehn verschiedenen Gemengen an und bezeichnet jeden Hafen mit einer Nummer und dem Tage seiner Darstellung.

Wenn der untersuchte Thon ein starkes Schwinden zeigt, so macht man das erste Gemenge nach folgenden Verhältnissen:

5 Teile (dem Volum nach) roher Thon,
5 „ „ „ „ stark gebrannter Thon und
5 „ „ „ „ Scherben von alten Häfen.

Für das zweite Gemenge vermehrt man den rohen Thon um einen halben Teil, für das dritte um ebensoviel und so fort bis zum zehnten, dessen Zusammensetzung demnach sein wird:

9,5 Teile roher Thon,
5,0 „ gebrannter Thon,
5,0 „ Scherben.

Wenn es sich gezeigt hat, dass der Thon nicht stark schwindet, kann man das erste Gemenge wie folgt zusammensetzen:

6 Teile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Hafenscherben.

Für das zweite und jedes folgende Gemenge vermehrt man den rohen Thon um einen Teil, wodurch das zehnte folgende Zusammensetzung erhält:

15 Teile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Scherben.

Man wendet die Masse so kompakt an, das sie sich noch bearbeiten lässt; eine zu weiche Masse würde ein zu starkes Schwinden zur Folge haben und der Festigkeit der Häfen nachteilig sein, indem sich diese alsdann nur schwierig trocknen und, ohne zu bersten, brennen lassen würden. Aus zu weichem Teige geformte Häfen senken sich in der Hitze und büssen ihre Gestalt und folglich auch einen Teil ihres ursprünglichen Rauminhalts ein. Infolge der grossen Menge Wasser, welches eine weiche Paste enthält, ist die Nebeneinanderlagerung der kleinsten Teilchen keine so innige als in einer kompakteren und steiferen Masse, der Scherben wird weniger dicht, poröser und weniger widerstandsfähig, während aus einem mehr trocknen Thone gefertigte Häfen eine grössere Festigkeit besitzen.

Man verfertigt und trocknet die Probehäfen mit aller möglichen Sorgfalt mindestens einen Monat vor dem Beginn der laufenden Hafenfabrikation. Schon während des Trocknens erkennt man die aus zu magerem Thon gefertigten Häfen an den Rissen und Sprüngen, die sich in Boden und Oberfläche zeigen; zu fette Thone verraten sich durch langsames Trocknen, sowie durch Abnahme der Grösse der Häfen, d. h. durch ein beträchtliches Schwinden.

Diese sämtlichen Versuchshäfen müssen gleichstarke Wände haben und in derselben Form geformt sein.

Die als zu fett oder als zu mager erkannten Gemenge berücksichtigt man nicht weiter und kann nun, indem man eine mittlere Zusammensetzung wählt, unbesorgt mit der laufenden Fabrikation der Häfen beginnen.

Sobald die Versuchshäfen vollkommen trocken sind, bringt man sie, um sie den gleichen Einflüssen auszusetzen, mit der Nummer des Platzes versehen, den sie einnehmen sollen, zusammen in den Ofen, wo man sie von dem Einsetzen bis zu ihrer völligen Zerstörung täglich beobachten kann.

Um für die Zukunft den nötigen Anhalt zu gewinnen, verzeichnet man die an jedem Hafen seit dem Kneten des Thons gesammelten Beobachtungen mit Angabe der Beschaffenheit des Thonteiges, ob derselbe weich oder hart gewesen, ob während des Trocknens der Hafen geborsten sei oder nicht, ob er beim Brennen Risse bekommen und sich verzogen habe u. s. w.; endlich notiert man sich noch seine Haltbarkeit im Ofen, den Zustand, in welchem er sich, nachdem er unbrauchbar geworden ist, befindet und die Ursachen, die seine Zerstörung herbeigeführt haben.

Diese letzteren Beobachtungen dienen, um die in Beziehung auf das Brennmaterial, welches man anwenden und den Glassatz, welchen man verschmelzen muss, vorteilhafteste Zusammensetzung der Hafenmasse zu ermitteln, d. h. darüber zu entscheiden, ob man nur eine Art von rohem Thon anwenden, oder ob man den einen durch Zusatz von einem andern verbessern will. Sobald man in dieser Beziehung seine Wahl getroffen, d. h. eine vorteilhafte Zusammensetzung ermittelt hat, geht man unbekümmert an die Anfertigung des nötigen Vorrats an Häfen, denn die Erfahrung hat gelehrt, dass diese um so besser widerstehen, je älter sie geworden sind, bevor sie in Gebrauch genommen werden. In manchen Fällen ist es jedoch vorteilhafter bei einer fettern Zusammensetzung als die, welche sich bei den 10 Versuchen als die beste erwiesen hat, stehen zu bleiben, und Häfen mit dünneren Wänden zu fabrizieren, was zur Abkürzung des Schmelzprozesses beiträgt.

Kompositonen für Häfen. Die nachstehenden Gemenge können als Vorbilder dienen, wenn man Thon von der Beschaffenheit der unten bezeichneten Arten zur Verfügung hat, im andern Falle eine Anleitung geben, wie man aus andern feuerfesten Thonen ebenfalls gute Zusammensetzungen ermitteln kann.

1) Thon aus der Normandie *(d'Hautrage)*, für Häfen zu Flaschen und Fensterglas:

10 Teile roher Thon, 5 „ gebrannter Thon, 5 „ Scherben von Häfen.	}	Durch ein Sieb geschlagen, welches auf den Zentimeter 20 Fäden zählt.

2) 10 Teile roher Thon,
 5 „ gebrannter Thon,
 6 „ Häfenscherben. } Desgl.

3) Kuvetten zu Spiegelglas:

5 Teile Thon d'Hautrage,
 5 „ de Forges-les-Eaux,
 5 „ gebrannten Thon,
 6 „ Häfenscherben. } Desgl.

4) Eine andere Mischung:

5 Teile Thon d'Hautrage,
 5 „ Thon von Andennes, sog. Lyoner Thon,
 5 „ gebrannter Thon,
 7 „ Scherben von Häfen. } Desgl.

Die vorstehenden vier Kompositionen sind für Fensterglas mit Glaubersalz geschmolzen anwendbar.

5) Thon von Andennes oder Namur; sogenannter Lyoner Thon:

8 Teile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Scherben von Häfen.

6) Eine andere Zusammensetzung:

7 Teile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Scherben von Häfen.

Die gemahlenen, durch ein Sieb mit 13 Maschen auf den Zentimeter gesiebten und trocken gemengten Substanzen werden mit soviel Fluss- oder Regenwasser besprengt, als sie davon aufnehmen können; man knetet den Teig in der früher beschriebenen Weise an und lässt ihn, nachdem man denselben mit einem nassen Tuche überdeckt, mehrere Tage liegen (bei Anwendung von siedendem Wasser wird der Teig noch besser); hierauf knetet man ihn noch 5 bis 6 mal gut durcheinander.

Das Hafenbrett bestreut man mit etwas gebranntem und gröblich gemahlenem Thon und schleudert mit aller Gewalt eine hinreichende Menge der getrockneten Masse auf dasselbe, um daraus den Boden und den fünften Teil der Höhe des Hafens, von unten angefangen, herrichten zu können.

7) Thon von Namur, genannt von Ardoise:

7 Teile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Scherben von Häfen.

Dieser Thon verzieht sich leichter als der vorige; übrigens bedarf er derselben Behandlung wie jener. Die Vorschriften 5, 6 und 7 eignen sich zu Häfen für Fensterglas mit Glaubersalz.

8) Thon aus der Pfalz (Grünstadt) zu Häfen für Fensterglas mit Glaubersalz:

12 Teile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon und
5 „ Scherben von Häfen.

9) Andere Vorschrift:

14 Teile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Scherben.

Diese Komposition ist weit fetter als die vorige und verlangt die folgende Behandlung.

Der sortierte, gemahlene und durch ein Sieb mit 17 Fäden auf das Zentimeter gesiebte Thon wird mit siedendem Wasser angemacht und einmal durchknetet. Diese nur wenig plastische Masse schichtet man 3 bis 4 Wochen an einem schattigen Platze in Haufen, wendet sie um und knetet sie achtmal durch, wobei man sie ziemlich weich hält. Hierauf formt man den Hafen auf dem Hafenbrett, welches zuvor 24 Stunden in Wasser gelegen hat. Ist der Hafen geformt, so bearbeitet man ihn in der Form einmal des Abends; ein zweitesmal am folgenden Tage und überlässt ihn alsdann sich selbst.

10) Thon von Forges-les-Eaux:

10 Teile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Häfenscherben.

11) Eine andere Vorschrift:

5 Teile roher Thon von Forges-les-Eaux,
6 „ „ „ aus der Pfalz,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Häfenscherben.

12) Eine dritte Vorschrift:

10 Teile roher Thon von Bedoins,
4 „ „ „ „ Forges-les-Eaux,
4 „ gebrannter Thon von Bedoins,
5 „ Häfenscherben.

13) Thon von Vallendar; Gemenge zu Häfen für Kristall- und weisses Hohlglas, mit Mennige, Pottasche und Soda:

13 Teile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Häfenscherben.

Dieser Thon muss nach dem Sortieren geschlämmt, durch ein enges Sieb gelassen und alsdann getrocknet werden. Wenn der Ofen mit Steinkohlen geheizt wurde, hielten diese Häfen 90 Schmelzungen aus.

14) Thon von Deggendorf; dieser Thon wird hauptsächlich in Bayern und Böhmen angewendet; für Sätze mit Glaubersalz ist er kaum brauchbar, um so besser aber da wo Mennige, Pottasche und Soda verschmolzen werden:

10 Teile roher Thon,
6 „ gebrannter Thon,
6 „ Häfenscherben.

15) Thon von Klingberg:

10 Teile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon und
5 „ Häfenscherben.

16) Thon von Kehlheim:

9 Teile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon und
5 „ Häfenscherben.

17) Andere Vorschrift:

11 Teile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon und
5 „ Häfenscherben.

Diese Häfen leisten Glaubersalzsätzen nicht lange Widerstand, dagegen sind sie für solche mit Pottasche und Soda sehr gut; sie schwinden beträchtlich.

18) Thon von Schwarzenfeld:

8 Teile roter Thon,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Häfenscherben.

Diese Häfen haben dieselbe Eigenschaft wie die Gemenge 16 und 17, zeigen aber ein beträchtliches Schwinden und verziehen sich stark.

Um daraus Häfen zu fertigen, die der Einwirkung des Glaubersalzes widerstehen muss man diesen Thon durch Zusatz anderer Thone verbessern.

19) Die folgende Zusammensetzung hat stets ausgezeichnete Resultate geliefert:

7 Teile Thon von Langenau,
7 „ „ „ Schwarzenfeld,
5 „ „ „ Klingenberg,
5 „ gebrannter Thon von Schwarzenfeld,
5 „ Häfenscherben.

Der Thon von Langenau vermehrt in dieser Zusammensetzung die Menge des fetten Thons nicht, man kann ihn als nicht vorhanden betrachten. Durch einen Zusatz von diesem Thone in rohem Zustande zu den Gemengen 14, 16 und 17 lassen sich diese Häfen sehr gut zu Glaubersalz und Kochsalzsätzen gebrauchen.

20) Häfen zu optischen Gläsern, Flint- und Crownglas:

6 Teile roher Thon von Langenau,
6 „ „ „ „ Namur,
5 „ gebrannter Thon von Namur,
5 „ Häfenscherben.

Diese Häfen sollen nach Flamm an das Glas keine Thonerde abgeben; es ist jedoch hierfür ein Grund nicht ersichtlich.

21) Stourbridge Thon:

8½ Teile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Häfenscherben.

Dieser Thon muss mit Wasser angerührt, durch ein Pferdehaarsieb gelassen und dann getrocknet werden.

22) Eine andere Vorschrift zu Spiegelglashäfen (Kuvette):

7 Teile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon und
5 „ Häfenscherben.

Das Mengen und Kneten der Masse. Nachdem man sich für die eine oder die andere Zusammensetzung entschieden, muss eine recht innige Vermischung der einzelnen Bestandteile und eine möglichst vollkommene Homogenisierung der Masse erfolgen. Es kommt zuweilen vor, dass selbst die besten Verhältnisse zwischen Thon und Schamotte nicht immer das gleiche Resultat liefern. In einem solchen Falle kann man sicher sein, dass irgend eine Vernachlässigung stattgefunden hat, sei es beim Mengen, sei es beim Kneten der Masse. Ist einerseits die Qualität der Produkte von der richtigen Auswahl der Rohmaterialien und von den Verhältnissen, in welchen dieselben gemengt werden, unzweifelhaft abhängig, so übt anderseits das Mass der bei der Fabrikation selbst ausgeübten Sorgfalt einen nicht minder schwerwiegenden Einfluss auf jene aus. Diese Operationen des Mengens und Knetens der Masse werden nicht überall auf dieselbe Weise vorgenommen, und jeder Glasfabrikant glaubt selbstverständlich nach der besten Methode zu arbeiten.

Die einen ziehen die Bestimmungen von Thon und Schamotte nach dem Gewichte vor, wobei sie entweder den bereits mit Wasser imprägnierten Thon anwenden, oder die Substanzen trocken mengen; die andern dagegen bestimmen die trocknen Materialien nach dem Volum. Sowohl auf die eine wie die andere Weise kann man zu einer genauen Bestimmung gelangen, nur muss dabei auf das bereits vom Thone aufgenommene Wasser Rücksicht genommen werden. Es lässt sich jedoch nicht leugnen, dass man durch die Mengung der trocknen Substanzen leichter und sicherer eine homogene Masse erhält, als durch das Kneten im plastischen Zustande. Im allgemeinen muss man der Bestimmung nach dem Volum und der Mengung auf trocknem Wege den Vorzug geben.

Die Zubereitung kleinerer Mengen, für 2 bis 3 Häfen etwa, gelingt stets besser als grösserer für 6 bis 8 Häfen; die Mengung ist leichter und inniger.

Man bedient sich zu diesen Arbeiten grösserer Kästen aus starken Bohlen von 3 m Länge, 1,8 m Breite und 25 cm Tiefe, siehe **Fig. 29, Taf. II.**

Auf den Boden dieses Kastens schüttet man die nötige Menge rohen und gepülverten Thons, breitet denselben überall gleichförmig aus, so dass der Boden zur Hälfte damit bedeckt ist; auf dieser Schicht breitet man ebenso die nötige Menge Schamotte aus. Ein Arbeiter, mit einer hölzernen Schaufel versehen, steigt mit nackten Füssen in den Trog und wirft die Substanzen auf den leer gelassenen Teil des Troges, wobei er jedesmal seine Schaufel vertikal in die aufeinander liegenden Schichten sticht, und dabei Sorge trägt eine neue, überall gleiche Schicht zu bilden. Nachdem der Arbeiter auf diese Weise das ganze

Material von einer Seite zur andern geschafft hat, wiederholt er die Operation ein zweites und drittes Mal, bildet alsdann mittels der Schaufel eine Vertiefung in dem Gemenge und giesst durch ein feines Haarsieb heisses Wasser auf dasselbe. Hierauf bewegt er das Wasser lebhaft und anhaltend mit der Schaufel, damit die hierdurch entstehenden Wellen die Substanzen von den Rändern der Vertiefung abspülen. Wenn das Wasser verschluckt und noch trockne Masse zurückgeblieben ist, so giesst er noch soviel Wasser nach, als er für nötig hält, damit sich die Masse vollsaugen könne und fährt solange fort das Wasser lebhaft zu bewegen, bis alles getränkt ist und das Ganze eine gleichartige Masse bildet.

Der angemachte Thon wird nun zusammengeschaufelt und an einem kühlen Platz des Arbeitslokals zu einem Haufen aufgeschichtet, während man in dem Troge mit einem neuen Gemenge beginnt.

Den Haufen überlässt man, mit eingenässter Leinwand bedeckt, mehrere Tage sich selbst, während welcher Zeit das Wasser den ganzen Teig durchdringt. Beim Beginn des Knetens breitet der Arbeiter auf der einen Hälfte des Bodens des Kastens eine 15 cm hohe Schicht Thon aus und bearbeitet denselben, in kleinen Schritten vorgehend, dergestalt mit den Füssen, dass die Eindrücke des linken durch die des rechten Fusses wieder verwischt werden. Nachdem so die ganze Masse mit Fusseindrücken bedeckt ist, schneidet der Arbeiter kleine Stücke Thon ab und schleudert sie mit Gewalt gegen den Boden des Kastens, wobei er darauf acht hat, dass beim Abstechen eine gerade Linie verbleibe und auf der leeren Seite des Bodens wiederum eine gleichmässig starke Schicht entstehe. Wenn auf diese Weise die Masse ihre Stelle gewechselt hat, fängt man an, den Teig von neuem mit den Füssen zu bearbeiten, der Thon wird getreten oder „getradet", wie der *terminus* vielerorte lautet. Diese Operation wird 5 bis 6 mal wiederholt und man erhält dabei eine sehr gleichförmige Masse.

Hierauf bedeckt man die Thonmasse mit nassen Tüchern und überlässt sie bis zum folgenden Tage sich selbst; doch muss man sie, bevor man sie verarbeitet, noch einige Male umwenden, denn, was man auch sagen mag, das Wasser hat sie noch nicht genug durchdringen und alle Teilchen durchziehen können; der grösste Teil des Wassers wird von vornherein von der Schamotte aufgenommen, die es erst allmählich an den fetten Thon wieder abgibt. Die Thonmase wird weit homogener, plastischer und selbst feuerfester, wenn man sie in einem ausgemauerten, in dem Boden des Arbeitsraumes selbst angebrachten und mit einer Fallthür versehenen Behälter aufbewahrt, sie dem „Faulen" oder „Mauken" überlässt, ohne dass es bisher gelungen wäre, die wirklichen Ursachen dieses eigentümlichen Verhaltens genügend zu erforschen. Nach Verlauf von drei Wochen im Sommer, und sechs Wochen im Winter, verbreitet dieselbe einen schwach ammonikalischen Geruch, und dies ist die rechte Zeit um sie zu verarbeiten.

Dieses einfache Knetverfahren genügt für Glashütten mit nur einem Schmelzofen, denn ein einziger Arbeiter kann täglich 400 bis 500 kg Thon kneten. In solchen, wo zwei oder drei Schmelzöfen im Betriebe sind, geben die Mischtonne und die Knetmaschine, durch irgend

welchen Motor in Bewegung versetzt, ökonomisch vorteilhaftere Resultate.

Die Mischtonne ist von Holz angefertigt, mit eisernen Reifen gebunden, hat einen Inhalt von ungefähr 4 hl und ist mit einer horizontalen Welle versehen, die in diagonaler Richtung hindurchgeht; auf ihrem Umfange hat sie eine Oeffnung von 0,5 m Länge und 0,4 m Breite mit einem beweglichen Deckel, der sich leicht abnehmen lässt. Die beiden Enden der Welle laufen in zwei auf Ständern befestigten Zapfen. In dem Innern der Tonne sind, das eine dem andern gegenüber, zwei halbrunde Stück Holz befestigt, die die ganze Länge der Tonne einnehmen und zwei Vorsprünge von 0,08 bis 0,12 m bilden.

Vermöge der dreifachen Bewegung, welche die Substanzen in einem solchen Fasse empfangen, sobald der Apparat in Thätigkeit versetzt wird, finden eine vollständige Vermengung statt; denn indem dieses sich um seine eigene Achse dreht, werden jene infolge der getroffenen Einrichtung von einem Boden zum andern geschleudert; die beiden Ansätze halten für einige Zeit die Substanzen zurück und lassen dieselben in dem Augenblicke, wo sie die höchste Spitze der Wölbung erreicht haben, plötzlich herabfallen. — Die Menge des zu behandelnden Thons richtet sich genau nach der Grösse der Tonne.

Statt, wie es oben beschrieben, den Thon mit den Füssen zu kneten, kann man sich auch zweier Walzen, oder auch der Quetschmühle mit zwei aufrecht auf einer eisernen Platte laufenden Mühlsteine bedienen, wobei der Thon zuvor mit heissem Wasser zu einem Teige geformt werden muss.

Von den vielen anderen Thonknetmaschinen, deren man sich bedient, mögen, wegen der guten Dienste die sie leisten, noch zwei Erwähnung finden. Die erstere **Fig. 30, Taf. III,** besteht aus einem gusseisernen oder hölzernen, oben 1,5 m, unten 0,85 m weiten konischen Gefässe *a*, in welchem eine eiserne Welle *b* angebracht ist, die 15 eiserne Messer *c*, *c* . . . trägt; die letzteren sind so angebracht, dass die Entfernung des einen vom andern, von unten angefangen, je um 3,5 mm zunimmt und unter bestimmte Winkel gestellt, die sich nach dem beabsichtigten Zwecke richten. **Fig. 31, Taf. III,** *a* und *b*, *c*, *d* stellt ein Messer in verschiedenen Lagen im vergrösserten Massstabe dar, sowie das Doppelpaar nahe am Boden des Behälters. Bei der angegebenen gegenseitigen Stellung der Messer wird eine Schneckenlinie, eine Schraube ohne Ende gebildet. Gewöhnlich stehen mehrere solcher Maschinen um ein gemeinschaftliches Kammrad, welches in die an den stehenden Wellen befestigten Räder *d* eingreift, die ihrerseits einzeln ausgerückt werden können. Der von oben eingeschüttete Thon wird nun nicht allein zerschnitten, sondern auch gehörig gemengt, zugleich durch die Flächen der unter bestimmten Winkeln (20 bis 25°) gegen die Horizontale geneigten Messer gedrückt, von oben nach unten gepresst und durch eine etwas über dem Boden befindliche, etwa 0,15 m im Quadrat haltende Oeffnung herausgeschoben, wo man ihn mittels eines Drahtes in Stücke zerschneidet, die man, bis der Thon gehörig durchgeknetet ist, immer wieder von neuem in die Maschine zurückgibt. Wenn die Operation als beendet anzusehen ist, wenn also der Thon zum letzten Male aus dem Apparate geht, zer-

schneidet man ihn in länglich viereckige Stücke und bringt diese entweder in einen kühlen Keller, oder in den oben angegebenen im Fabriklokal befindlichen ausgemauerten Behälter um ihn dem Faulen zu überlassen.

Der andere Apparat, der gleichfalls vollkommen befriedigende Produkte liefert, hat folgende Einrichtung: In einem horizontal gelagerten Thonschneider befinden sich zwei in entgegengesetzter Richtung umlaufende Wellen, welche ihrerseits mit Messern und Mischflügeln versehen sind. An dem einen Ende wird die Maschine vermöge eines senkrecht aufgesetzten Fülltrichters mit Thon beschickt, während der letztere von den entsprechend gestellten Messern und Flügeln dem andern Ende zugeführt, hier durch zwei gegenüberliegende seitliche Oeffnungen wieder austritt. Eine solche Maschine lieferte in der Poterie der Herrmannshütte bei Hoerde*) sehr befriedigende Resultate.

Der in diesen Apparaten solchergestalt mehrere Male durchgesetzte Thon hat die vortreffliche Eigenschaft schnell an der Luft zu trocknen und beim Brennen nicht zu reissen. Es ist überhaupt nicht gleichgültig, ob man weiche oder steife Massen verarbeitet, denn die ersteren lassen sich nur schwierig trocknen und brennen und die daraus gefertigten Gegenstände zeigen ein weit stärkeres Schwinden, als die aus einer kompakten, mehr trocknen Masse geformten.

Art der Häfen. Die Häfen sind entweder oben oder seitlich offen; die ersteren sind die gewöhnlich gebrauchten, während man letztere hauptsächlich bei Steinkohlenfeuerung, beim Schmelzen von Kristallglas oder überhaupt da anwendet, wo man eine Verunreinigung der Glasmasse durch hineinfallende fremde Stoffe zu befürchten hat. Auf die Gestalt der Häfen kommt es hierbei nicht an, nur sind sie mit einem sehr dünnen Dome aus Hafenmasse überdeckt, der mit dem Hafen selbst ein einziges Stück bildet. Der röhrenförmige Schnabel des Doms füllt die Arbeitsöffnung des Ofens genau aus und wird mittels einer oder zweier Platten von gebranntem Thon verschlossen. Diese Platten haben in ihrer Mitte ein Loch, welches ebenfalls durch einen Thonpfropf verschlossen gehalten wird.

Das Schmelzen geht in diesen überdeckten Häfen nur langsam von statten, allein man kann in dem einen schmelzen, während man gleichzeitig in dem andern das Glas läutert, so dass die Arbeit in den Glashütten, wo man sich solcher Häfen bedient, nicht unterbrochen zu werden braucht.

Die Gestalt der Häfen. Diese ist in mehr als einer Beziehung von grosser Wichtigkeit; man hat hierbei nicht allein darauf Rücksicht zu nehmen, dass die Häfen, unbeschadet ihrer Dauerhaftigkeit, der Wärme die grösstmögliche Oberfläche darbieten; es kommt hierbei auch auf deren leichte Handhabung im Ofen, auf die Grösse der Oberfläche des schmelzenden, sowie auch auf die Menge des in einer bestimmten Anzahl von Häfen in jedem Ofen zu produzierenden Glases an.

Es wird daher diejenige Gestalt die beste sein, welche die wesentlichsten Erfordernisse am vollständigsten in sich vereinigt. Die gewöhnlich angewendeten Formen sind:

---

*) Nach Kerpely, Hüttenanlagen.

1) Runde Häfen. Obgleich ein Cylinder, dessen Höhe seinem Durchmesser gleich ist, für das gleiche Volum die kleinste Oberfläche hat, so verliert man bei cylindrischen Häfen doch viel Raum in dem Ofen dadurch, dass man, um nicht die so nötige Zirkulation der Wärme um die Häfen zu unterbrechen, zwischen je zwei derselben einen kleinen Zwischenraum lassen muss. Aus diesem Grunde hat man den runden Häfen die Gestalt eines umgekehrten Kegels gegeben, bei welchem die beiden Durchmesser je nach der grössern oder geringern Höhe, um 0,11 bis 0,15 m differieren, während die Wandung in vertikaler Richtung entweder gradlinig verläuft oder schwach nach innen eingebogen ist.

Diese Form der Häfen, in **Fig. 32, Taf. III**, dargestellt, ist in mancher Beziehung vorteilhaft, indem die Häfen dieser Art 1) einem von aussen kommenden Stosse einen grösseren Widerstand entgegensetzen, so dass man verhältnismässig sehr dünne Wände machen darf, was wieder zur Folge hat, dass die Wärme sie schneller durchdringt und leichter auf die zu schmelzende Glasmasse einwirkt; 2) die Hälfte ihrer Gesamtoberfläche denjenigen Stellen des Ofens zukehren, wo die Wärme die grösste Intensität erreicht; 3) sich um ihre Achse drehen lassen, so dass man eine, etwa auf der dem Feuer zugekehrten Seite entstandene fehlerhafte Stelle nach vorn bringen und das Ausfliessen von Glas aus einer Ritze oder einem Loche verhindern kann; 4) zu ihrer Anfertigung auch weniger Thon erfordern, während diese selbst leichter ist. Sie sind hauptsächlich in allen Glashütten in Gebrauch, wo man eine gute Steinkohle hat und wo man auf häufigere Unfälle der Häfen sich gefasst macht.

2) Ovale Häfen, in **Fig. 33, Taf. III**, schematisch im Auf- und Grundriss angedeutet. Die Häfen von mehr oder weniger elliptischer Gestalt, erfordern zu ihrer Darstellung sehr geschickte Hafenmacher, gestatten bei gleicher Bankfläche grössere Produktion, können aber, wenn sie behufs gehöriger Ausnutzung jener dicht aneinander gerückt sind, kaum gewendet werden und es bauchen sich namentlich die langen, flachen Seiten unter der Einwirkung der Ofenhitze und des Glasdrucks leicht aus.

Glashütten, welche Brennmaterial von geringer Qualität anwenden, oder, in welchen infolge der fehlerhaften Bauart des Ofens die strahlende Wärme keine Wirkung äussert, sind genötigt den Häfen eine solche Gestalt zu geben, dass das darin befindliche Glas der von dem Ofengewölbe reflektierten Wärme die grösste Oberfläche darbietet. Diese können sich daher mit Vorteil runder Häfen nicht bedienen, ihnen sind die ovalen Häfen, denen man eine sehr grosse Oberfläche gibt, so dass der grösste Teil des Glases unmittelbar von der Flamme getroffen wird, unentbehrlich. Ausserdem erlaubt die ovale Form eine beträchtliche Vergrösserung des Zwischenraums zwischen den unteren Teilen der Häfen und so eine Vermehrung der Zirkulation der Wärme um die letzteren, und zwar einesteils dadurch, dass man den Durchmesser am Boden verkleinert, anderenteils dadurch, dass man gegen die Arbeitsöffnung einen langen und breiten Schnabel anbringt. Da sich jedoch der grösste Teil des Glases in dem obern Teile des Hafens befindet, so muss man dem Zusammensinken durch Verstärkungen oder vorspringende Wulste, die den Häfen mehr Festigkeit erteilen, zu begegnen suchen, während sie

gleichzeitig in ihrer ursprünglichen Stellung verbleiben, in der sie sich gegenseitig stützen.

Die ovalen Häfen sind hauptsächlich im nördlichen Frankreich und in Belgien in Gebrauch, sowohl bei Spiegel- und Fensterglas, wie auch bei Flaschen. In elliptischen und runden Oefen bedient man sich häufig eierförmiger Häfen, von der in **Fig. 34, Taf. III,** wiedergegebenen Gestalt.

Bei der Fabrikation des Bleikristalls, dessen Qualität durch die Einwirkung des die Mennige reduzierenden Rauches sehr beeinträchtigt werden würde, überhaupt in Glasfabriken in denen das Brennmateria im Ofen viel Rauch oder Flugasche erzeugt, die das Glas während des Blasens verunreinigen würden, bedient man sich zwar auch der Häfen von allen den vorstehend beschriebenen Formen; dieselben sind jedoch mit einem sehr dünnwandigen aus Hafenmasse gearbeiteten Dome überwölbt, welcher mit dem Hafen ein Ganzes bildet. Die fast röhrenförmige Schnauze des Doms passt genau in die Arbeitsöffnung und wird mittels eines oder zweier Vorsetzer aus gebranntem Thon verschlossen; die Vorsetzer haben eine Oeffnung, die ihrerseits mittels eines Thonpfropfens verschlossen wird. Die Einrichtung eines solchen Hafens ist aus **Fig. 35, Taf. III,** ersichtlich. Die früher namentlich für den Guss von Spiegelgläsern üblichen viereckigen Häfen, sind nunmehr wohl gänzlich aus der Hüttenpraxis verschwunden. Diese Häfen, welche wegen der im Verhältnis zu ihrem Inhalte oft geringen Höhe auch als Wannen bezeichnet wurden, boten eben wegen dieser Form der Hitze eine grösstmögliche Oberfläche dar und in ihnen hat man wohl die Vorläufer der in neuer Zeit so bedeutungsvoll gewordenen Wannenöfen zu suchen.

G r ö s s e d e r H ä f e n. Dieselbe richtet sich nicht lediglich nach dem Bedürfnis, sondern ist auch Sache des Herkommens und der Gewöhnung; wir haben jedoch schon oben gesagt, dass es vorteilhafter sei eine gegebene Menge Glas in einem einzigen grossen Hafen als in mehreren kleineren zu schmelzen. Nach M u s p r a t*) hätten in England die Häfen für die Hohlglasfabrikation bis zu etwa 3 cbm Inhalt, indem ein solcher Hafen 1,37 m hoch und sein grösster Durchmesser 1,22 bis 1,68 m sein kleinster 1,02 bis 1,07 m betragen soll. Das spezifische Gewicht des Glases im Mittel 2,5 gesetzt, würden sich auf einmal mindestens 4000 bis 7000 kg Glas darin schmelzen lassen. Diese Angaben scheinen jedoch auf einem Irrtum zu beruhen, indem während des Aufarbeitens einer so ungeheuren Glasmasse sicher die Qualität des Glases leiden würde. In Frankreich benutzt man Häfen von 0,5 bis 1,0 m Höhe mit entsprechenden Durchmessern, je nach der Grösse der zu blasenden Gegenstände. Die grossen Häfen fassen 500 bis 600 kg und sie sind in solchen Glashütten gebräuchlich, wo man mehr schwere und umfangreiche Gegenstände, wie Fensterglas, geblasene Spiegel und *Dames-jeannes* (Ballons) anfertigt; die Häfen, deren man sich zur Kristallfabrikation bedient, sind kleiner und in Frankreich liefert jeder solcher Hafen 130 bis 150 kg verkäufliche Ware, wo hingegen, wieder die Häfen der Spiegelgiessereien 1000 kg und mehr zu fassen vermögen. Die Höhe der Häfen richtet sich auch nach der Art des zu verarbeitenden Glases und der Länge der Pfeifen, die man gebraucht.

*) M u s p r a t III, 242.

In Deutschland waren seither weit kleinere Dimensionen gebräuchlich, meist so berechnet, dass der Arbeiter den Inhalt eines Hafens in einer Arbeitsschicht verarbeiten konnte. Hiernach gab man den Häfen, je nach der Art des zu verarbeitenden Glases auch eine verschiedene Grösse. So hatten nach Stein*) die Häfen zu

60 bis 90 kg Weissglas	einen Rauminhalt von	0,030 bis 0,045 cm
110 bis 200 kg Spiegelglas	„ „ „	0,060 bis 0,100 cm
200 kg geblasenen Spiegeln	„ „ „	0,106 cm

In neuerer Zeit hat man sich auch in Deutschland mehr und mehr der grössern Häfen, wie sie in England, Frankreich und Belgien gebraucht werden, zugewendet; doch haben die älteren Glashütten grösstenteils die kleineren Häfen beibehalten.

Je nach der Menge des zu schmelzenden Glases gibt man, nach Stein**), den Häfen folgende Dimensionen:

		Höhe.	Durchmesser. oben.	Durchmesser. unten.
Ein Hafen	60 kg	0,366 m	0,306 m	0,314 m
	90 „	0,418 „	0,418 „	0,366 „
	112 „	0,470 „	0,470 „	0,418 „
	200 „	0,523 „	0,523 „	0,470 „
	300 „	0,627 „	0,627 „	0,523 „
	1000 „	0,785 „	0,785 „	0,654 „

Mit wenig Ausnahmen verdienen die grössern Häfen vor den kleinern überall den Vorzug, auch ist es eine bekannte Thatsache, dass es vorteilhafter ist, eine gegebene Menge Glas in einem grossen Hafen als in einer grössern Anzahl kleiner Häfen zu schmelzen; hierzu kommt auch noch, dass kleine Oefen verhältnismässig weit mehr Brennmaterial konsumieren als grössere.

Das Formen der Häfen. Dies ist eine der schwierigsten Arbeiten auf dem Gebiete der Glasfabrikation, welche die grösste Umsicht und Geschicklichkeit in Anspruch nimmt und von deren gewissenhafter Ausführung, gute feuerfeste Thone und ein richtiges Gemenge der Hafenmasse vorausgesetzt, das Gedeihen der ganzen Anlage bedingt wird. Daher die grosse Sorgfalt, die man in guten Glashütten überall darauf verwendet sieht. Wie verschieden man im einzelnen bei der Anfertigung der Häfen auch zu Werke geht, so lassen sich doch fast alle Methoden auf die des Formens in freier Hand und des in hölzernen Formen zurückführen und erst der neuesten Zeit scheint es vorbehalten gewesen zu sein, das schon seit einem halben Jahrhundert stets vergeblich erstrebte Problem des Ersatzes der Handformerei durch Maschinenarbeit der Verwirklichung entgegenzuführen.

Was nun zunächst die Handförmerei anlangt, so sind die Ansichten, welche von beiden der erwähnten Methoden den Vorzug verdiene, geteilt, und es lässt sich daher, wie Stein ganz richtig bemerkt, wohl annehmen, dass man nach der einen wie nach der andern gute Häfen anfertigen kann und in der Hauptsache alles auf die Geschicklichkeit

*) Glasfabrikation pag. 82.
**) Glasfabrikation pag. 84.

der Arbeiter ankommt; wir werden demnach eine Beschreibung beider Methoden geben.

a) Zum Formen in der Form bedient man sich einer kreisrunden Scheibe von Holz, des Hafenbrettes **Fig. 36, Taf. III,** als Unterlage, auf welcher man mit dem Formen des Hafens nicht nur den Anfang macht, sondern ihn auch, so lange er noch weich ist, von einer Stelle zur andern transportiert; für letzteren Zweck ist dasselbe häufig, wie in der Figur angedeutet, auf eine Tragbahre genagelt; gewöhnlich gibt man dem Hafenbrett einen etwas kleineren Durchmesser als der Boden des Hafens erhalten soll, damit die Form darübergestürzt werden kann, legt es, bevor man mit der Arbeit beginnt, 24 Stunden in Wasser und überzieht es hierauf mit grober Leinwand und bestreut es mit Sand oder Schamotte. Die eigentliche Form, gewöhnlich aus Fassdauben angefertigt, die auf eiserne Reifen genagelt werden, besteht aus zwei mittels eiserner Scharniere verbundenen Teilen, so dass sie nach Belieben geschlossen und geöffnet werden kann. Das Innere der Form entspricht genau der äussern Gestalt, den die Häfen erhalten sollen. **Fig. 37, Taf. III,** zeigt die Form über das Hafenbrett gesetzt.

Diese auch heute noch ganz allgemein gebräuchliche Einrichtung des Hafenbretts erschwert das Trocknen des Bodens eines fertigen Hafens ungemein, und namentlich bei der Verwendung fetten Thones zu den Häfen geht in der Regel ein grosser Theil der letzteren dadurch verloren, dass über dem Boden an der äusseren Wandung feine Risse sich bilden, die sich oft rings um den Hafen herumziehen, durch Ausschaben sich nicht entfernen lassen und den Hafen gänzlich unbrauchbar machen. Diese Erscheinung ist nur durch das ungleichmässige Trocknen bedingt; der obere Teil des Hafens wird durch das Schwinden immer enger, während der feuchtbleibende Boden bei seiner ursprünglichen Grösse verharrt, so dass endlich eine Trennung beider Teile als notwendige Folge jener Ungleichmässigkeit eintreten muss. Viele Hafenmacher suchen daher diesem Uebelstande dadurch zu begegnen, dass sie den Hafen nach 3 oder 4 Wochen geradezu umlegen, um dem dadurch nach oben gekommenen Boden Gelegenheit zum Austrocknen zu geben; aber namentlich bei grossen Häfen ist dies eine gewagte Operation, die zu manchem Bruche führt.

Zur Vermeidung der erwähnten Schwierigkeiten hat Moritz*) eine veränderte Einrichtung des Hafenbretts vorgeschlagen, welche bei aller Einfachheit das erwähnte Reissen der Böden durchaus verhindert.

In das aus einzelnen schmalen, auf zwei Pfosten genagelten, Brettchen zusammengearbeitete Hafenbrett wird nach **Fig. 38, Taf. III,** ein kreisrundes Loch geschnitten, dessen Durchmesser etwa 7 cm kleiner ist, als der untere Durchmesser des Hafens; die mit der Stichsäge herausgeschnittenen Brettchen werden an ihrer unteren Seite mit einigen etwa 8 cm vorragenden Leisten beschlagen (**Fig. 39, Taf. III**), welche dem Ausschnitt beim Einlegen in das Loch des Hafenbretts, welches von unten geschieht, den nötigen Anhalt geben. Dieser Ausschnitt wird beim Aufstellen des Hafenbretts an 3 Stellen durch Keile

*) Sprechsaal 1882. 95.
**) Bischof a. a. 332.

fest unterstützt, so dass alles durchaus festliegt und die Operation des Hafenbaus auszuhalten vermag.

Die obere, auch hier mit Leinwand bezogene Seite des Brettbodens wird sodann mit Schamotte bestreut und der Hafen in gewohnter Weise aufgebaut. Nach 14 Tagen, wenn das unten beschriebene Nachschlagen der Böden beendigt, wird durch Lösen der untergelegten Keile der Brettboden aus dem Hafenbrette herausgenommen und die Hafen bleiben, etwa 3,5 cm auf jenem aufliegend, übrigens aber freistehend. Hierdurch trocknen die Böden so regelmässig, dass kein Hafen durch Bodenrisse verloren geht.

Aehnliches erreicht Pütsch, indem er das hölzerne Hafenbrett durch einen entsprechend grossen Schamottestein, der gleichfalls mit Leinwand bedeckt und mit Schamotte bestreut wird, ersetzt. Auf einem solchen Steine braucht der Hafen nicht die Hälfte der Zeit zum Trocknen, wie auf dem gewöhnlichen Brett.

Auf die Mitte des Hafenbretts nun bringt der Arbeiter ein genügend grosses Stück kompakten Thons, um daraus den Boden des Hafens und den fünften Teil der Höhe seiner Seitenwände herstellen zu können, stürzt die mit angefeuchteter, weder zu feiner noch zu grober Leinwand in mehreren Stücken ausgekleidete Form darüber und beginnt die Mitte der Thonmasse mit einem runden hölzernen, ebenfalls mit nass gemachter Leinwand bekleideten Schlägel, **Fig. 40, Taf. III,** zu bearbeiten, wobei er den Thon von der Mitte gegen die Seitenwände der Form treibt und darauf sieht, dass die das Brett bedeckende Thonschicht diejenige Stärke behalte, die man dem Boden geben will. Hierauf treibt man unter beständigem Schlagen den überschüssigen Thon von unten nach oben, so dass zuletzt eine flache Schale mit vorlaufendem Rande entsteht, auf welchem der weitere Aufbau des Hafens erfolgt. Zu diesem Behufe schneidet der Hafenmacher 54 cm lange, 10 cm breite und 10 cm dicke Streifen des zubereiteten Thons ab, formt sie zu runden Cylindern, Würste (Colombins) genannt, und furcht diese der Länge nach mit den Finger, um die Oberfläche anzufrischen und das Haften an den Seitenwänden der Schale zu befördern.

Einen der so vorgerichteten Cylinder legt der Hafenmacher auf dem gegen seine Brust gestemmten nackten linken Vorderarm, das den Arm überragende Ende des Cylinders mit der linken Hand und die Spitze desselben mit seiner rechten Hand unterstützend, neigt sich in dieser Stellung über den Rand der Form und drückt ganz nahe am Boden, doch ohne diesen zu berühren, das Ende des Thoncylinders gegen die Seitenwand der vorher aufgestampften Thonschale und zwar so, dass nur auf einer kleinen Stelle Berührung stattfindet und keine Luft eingeschlossen wird. (Dies gelingt auch leicht, indem er den auf seinem linkem Arme ruhenden Teil des Cylinders, der fast in einem rechten Winkel gegen die Seitenwand gerichtet ist, von letzterer abgekehrt hält). Nun vereinigt er den Cylinder mit dem Rande der Schale, indem er die Berührungspunkte mit dem Daumen und Zeigefinger der rechten Hand stark zusammendrückt. Die Arbeit fortsetzend, nähert er den noch übrigen Teil des Cylinders der Seitenwand der Form in dem Masse, als er mittels des Drucks mit der rechten Hand, in Abständen von 8 zu 8 cm, die fernere Vereinigung zwischen Schale und Cylinder

bewirkt. Wollte der Hafenmacher den Cylinder auf einmal auflegen, andrücken und befestigen, so würde er Gefahr laufen, Luftblasen an den Berührungsstellen einzuschliessen. Diesem ersten Cylinder folgt ein zweiter, dritter u. s. w., alle aufs vollkommenste miteinander vereinigt, bis der wulstförmige Ring geschlossen ist. Jetzt beginnt die Bearbeitung mit einem wie eine Pritsche gestalteten, mit angenässter Leinwand umgebenen Schlägel **Fig. 41, Taf. III,** wobei der Hafenmacher die Thonmasse von unten auf gegen die Seitenwände der Form ausbreitet und darauf Bedacht hat, dass überall die gleiche Wandstärke und Höhe eingehalten werde. Nachdem er noch den Rand nach oben abgeflacht oder zugeschärft hat, werden auf dieselbe Weise von neuem Cylinder angelegt, bis man an dem oberen Rande der Form angekommen ist. Hierauf stellt man durch leichte Schläge mit verschieden gestalteten Schlägeln, **Fig. 42** und **43, Taf. III,** die man zur Hand hat, die gleichmässige Stärke der Wand her.

Diese Schläge müssen der eine neben dem andern gegeben werden, sobald man die Masse von unten nach oben treibt, oder von der einen Seite zur andern, wenn man sie nach solchen Stellen drückt, wo zu wenig vorhanden ist, wobei man von Zeit zu Zeit die Masse von oben nach unten wieder zusammenpresst.

Sollten trotz aller Vorsicht Luftblasen in dem verarbeiteten Thone eingeschlossen sein, was man an den kleinen Hervorragungen erkennt, die sich während des Schlagens bilden, so bringt man sie dadurch zum Verschwinden, dass man diese Stellen mit einem Messer einschneidet und alsdann wieder mit dem Schlägel bearbeitet.

Um sich zu vergewissern, dass der Boden überall die gleiche Stärke habe, bedient sich der Hafenmacher einer Leere, die eine mit der Höhe des Hafens weniger der Stärke seines Bodens gleiche Länge hat, **Fig. 44, Taf. III.** Bei Gebrauch derselben legt er ein Lineal auf die Ränder der Form, die Leere muss alsdann den Raum zwischen diesem und dem Boden genau ausfüllen. Was die Stärke der Wände betrifft, so lässt sich dieselbe stets gleichförmig herstellen, wenn man sich ebenfalls einer, für Häfen von bestimmter Grösse angefertigten Leere bedient; zu dünne Stellen offenbaren sich durch den Zwischenraum zwischen Leere und Wand, zu dicke dadurch, dass die Leere nicht ohne Gewalt um ihre senkrechte Achse gedreht werden kann.

Nachdem der Arbeiter die Seitenwände berichtigt und abgeglichen und damit die Arbeit bendigt hat, bildet er am Rande innerhalb des Hafens einen Wulst, bestimmt, teils als Verstärkung zu dienen, teils um den Hafen, wenn er im Feuer steht, mit dem Haken besser fassen und handhaben zu können.

Der soweit fertige Hafen bleibt bei trockner Witterung 4 bis 6 Tage, bei feuchter Witterung 8 bis 10 Tage stehen, bevor man die Form öffnet, während welcher Zeit man den Boden und die Seitenwand stark schlägt. Wenn man glaubt, dass der Thon die gehörige Konsistenz erhalten hat, lüftet man durch Wegnahme der Vorstecker, die die eisernen Reifen zusammenhalten, in etwas die Form, der Hafen löst sich alsdann von dieser ab, und man kann nach einigen Stunden nachsehen, ob die Wände zusammensinken oder ausweichen wollen, in welchem Falle man die Form, ehe man sie ganz öffnet, noch einige

Tage ruhig stehen lässt. Man zieht dann ein Stück Leinwand nach dem andern ab, drückt die Fugen, die sich etwa an der äussern Fläche des Hafens noch zeigen sollten, mit der Spitze des Zeigefingers zu, überfährt aussen den ganzen Hafen mit einem nassen Schwamm, und schneidet, wie gewöhnlich, am Boden eine 25 mm tiefe Zarge, um den im Feuer stehenden Hafen bequemer fassen und handhaben zu können.

Von jetzt ab müssen die fertigen Häfen täglich genau untersucht werden, ob sich nicht hier oder da ein Riss zeigt. So lange der Thon noch ziemlich weich ist, kann man solche Risse durch Ausstreichen und Zusammenschieben beseitigen, doch darf man solche Stellen nicht etwa nass machen oder gar mit frischem Thon belegen, wenn nicht, wegen der ungleichen Feuchtigkeit und des ungleichen Austrocknens, der Fehler verschlimmert werden soll. Ist aber der Hafen bereits soweit getrocknet, dass er nur schwierig noch Eindrücke von dem Finger annimmt, so thut man am besten ihn ganz zu zerschlagen, die Stücke einzuweichen, zu kneten und einen neuen Hafen daraus zu formen.

Ein anderes Verfahren, Häfen in einer Form anzufertigen, ist von Bastenaire-Daudenard angegeben worden und geschieht unter Beihilfe einer, besonders für diesen Zweck eingerichteten, Töpferscheibe. Die nötige Form bildet den Kern für das Innere des Hafens und kann, wie bei den Formen der Hutmacher, auseinandergenommen werden. Diese Formen müssen etwas grösser sein, als die damit anzufertigenden Häfen, indem man auf das Schwinden Rücksicht nehmen muss, welches etwa $^1/_6$ oder wie die Arbeiter sich ausdrücken $^2/_{12}$ beträgt. Man setzt die Formen oder den Kern auf das aus starkem Holz gearbeitete Hafenbrett, dessen Durchmesser um 5 cm grösser als der der Form und in seiner Mitte mit einem Loche versehen ist, das dem Durchmesser des Kerns entspricht; auch auf dem Umfange sind 4 Oeffnungen angebracht, die zur Aufnahme von ebenso vielen Schnuren bestimmt sind, um die Häfen leicht von einer Stelle zur andern schaffen zu können.

Nachdem man das Hafenbrett auf die Drehscheibe, die stark genug sein muss, um ein grösseres Gewicht tragen zu können, gelegt hat, stellt man um zu verhindern, dass der Thon am Holze festklebe, die mit eingekochtem Leinöl getränkte Form darauf. Andere empfehlen zwar die Form mit dünnem Thonbrei auszustreichen, und dann mit feingepulverter Schamotte zu bestreuen, erstere Methode scheint jedoch den Vorzug zu verdienen, weil sich der Hafen besser von der Form ablöst und seine innere Oberfläche ebener wird. Hierauf setzt man die Drehscheibe, damit sie keinen Stoss erleide, mittels einer Kurbel in Bewegung, aufangs langsam, damit der Arbeiter volle Zeit habe, den Thon aufzusetzen und die einzelnen Stücke gut miteinander zu vereinigen; dann mit vermehrter Geschwindigkeit. Beim Beginn schleudert der Arbeiter den Thon mit Gewalt gegen den untern Teil der Form und setzt dies bis zur Spitze derselben, die den Boden des Hafens zu bilden bestimmt ist, fort. Allmählich setzt er soviel Thon an, bis die Häfen die gewünschte Stärke erreicht haben, wobei er den Thon gut gegen die Form andrückt, alle leeren Stellen, Löcher und Luftblasen, die sich an der Oberfläche des Hafens zeigen, verschmiert und entfernt. Wenn der Hafen auf allen Punkten die gleiche Stärke erlangt hat, zieht man durch die vier Oeffnungen des Hafenbretts die

Schnüre, deren zusammengefasste Enden an einem Hebel befestigt werden; indem man auf dessen entgegengesetztes Ende drückt, hebt man den Hafen um 0,18 m, lässt den Hebel einen halben Kreis beschreiben, entfernt auf diese Weise den Hafen von der Drehscheibe und setzt ihn auf eine Tragbahre mit hinreichend hohen Böcken, damit ein Arbeiter die Nägel oder Schrauben herausziehen kann, die die einzelnen Teile der Form zusammenhielten. Hierauf wird der Hafen auf der Tragbahre in die Hafenkammer gebracht, wo er einen Monat verbleibt und während dieser Zeit täglich zweimal geschlagen wird. Nach dieser Zeit kann der Hafen seine Gestalt nicht mehr verändern. Ein Arbeiter, durch einen Handlanger unterstützt, kann täglich bis zu 12 Stück der grössten Häfen anfertigen.

Noch ein anderes maschinelles Verfahren zur Herstellung der Häfen beschreibt Bastenaire, nach welchem der sehr steife Thon um den unter einer Schraubenpresse stehende Kern in einer dickeren Schicht, als die Stärke des Hafens beträgt, gelegt und dann eine gegossene Metallhohlform mittels der Presse über das Ganze gepresst wird, welche letztere dann zwischen Kern und Mantel den Hafen entstehen lässt. Beide Methoden, ebenso unseres Wissens auch die von Stenger*) vorgeschlagene und demselben patentierte, nach welcher die Häfen in ähnlicher Weise, wie dies wohl beim Formen gewisser Porzellangegenstände durch Guss üblich, unter Anwendung eines ziemlich dünnflüssigen Thonbreies in eine die Wandungen des Hafens repräsentierende, mit Filterstoff bekleidete Hohlform gegossen werden, sind für die Praxis ohne Bedeutung geblieben; es haben indessen die mit der Handformerei verbundenen, namentlich in den letzten Jahren immer stärker hervortretenden Uebelstände zu immer erneuten Versuchen, jene zu beseitigen, geführt und es scheint endlich Simons gelungen zu sein, der Maschinenarbeit den Sieg zu sichern, indem er dazu überging, den Hafen auf einmal ganz und aus ein und demselben Thonklumpen durch gleichmässigen, in der ganzen Masse auftretenden Druck herzustellen. Simons hat zwei verschiedene Pressen, eine kleinere für kleine Glashäfen, Schmelztiegel, Kapseln etc. und eine grosse für grosse Glashäfen, Zink- und Glasretorten konstruiert**), von denen die erstere in **Fig. 45, Taf. IV**, abgebildete in folgender Weise wirkt. Auf dem festen Tisch steht die gusseiserne Form, auf welche ein beweglicher Ring aufgelegt und damit fest verbunden ist. Dieser Ring steht soviel über den inneren Rand der Form vor, als die innere Wandstärke des herzustellenden Gefässes betragen soll, der Thonklumpen, sowie er aus dem Thonschneider kommt, wird in die auf dem Tisch aufstehende Form geworfen, den Presskolben drückt eine Kraft nach abwärts, der Thon weicht vor diesem Druck aus und füllt nach und nach den zwischen Presskolben und Form bleibenden Zwischenraum. In dem Augenblick jedoch, in welchem die Thonmasse an den vorspringenden Deckelring gelangt, also nicht mehr ausweichen kann, erfolgt in der ganzen Masse ein vollständig gleichmässiger Druck, ganz genau so wie der Druck der sich in einer gepressten Flüssigkeit in sämtlichen Teilchen derselben gleichmässig fortpflanzt. Und in der That ist die feuchte Thonmasse ja auch weiter

*) Bayr. Industr. und Gewerbebl. 1872.

**) Deutsch. R. P. Nr. 12884.

nichts, als eine Flüssigkeit von mehr oder minder grosser Dichtigkeit. Indem der Druck im ganzen Gefässe in einem und demselben Momente erfolgt, so ist auch einleuchtend, dass die ganze Masse des Gefässes eine vollständig gleichartige, eine homogene ist. Zwischen dem Presskolben und dem beweglichen Deckelring wird ein ganz kleiner Spalt gelassen, durch welchen die Luft und ein etwaiger Ueberschuss von Thon entweichen können. Damit beim Zurückziehen des Kolbens der Thon nicht an diesem kleben bleibt, ist der Kolben mit Luftlöchern versehen und diese sind gegen ein Eindringen von Thon während der Pressung durch eine einfache Zinkblechplatte geschlossen, welche vor dem Pressen auf den Thonklumpen aufgelegt und nach dem Pressen aus dem fertigen Gefässe herausgenommen wird. Die Entfernung des fertigen Gegenstandes aus der Form geschieht einfach in der Weise, dass die Form vom festen Tische auf ein Geleise von Winkeleisen gezogen wird, zwischen welchen das Objekt mit Leichtigkeit nach unten hinausrutscht auf ein untergehaltenes Brett, auf welchem es dann in den Trockenraum gebracht wird.

Was nun die Kraft anbetrifft, mit welcher der Presskolben heruntergedrückt wird, so kann dieselbe von der Hand mittels einer Schraube oder auch durch hydraulischen Druck hervorgebracht werden, ersteres für die Herstellung kleinerer, letzteres bei grösseren Häfen.

Die in **Fig. 45, Taf. IV**, abgebildete Schraubenpresse, noch für die kleinste Sorte von Häfen ausreichend, ist bereits in vielen französischen und belgischen Fabriken in Betrieb, während die grosse hydraulische Presse **Fig. 46, Taf. IV**, für grosse Häfen, bei welcher, wie aus der Abbildung ersichtlich, die auf dem beweglichen Presstische stehende Form durch den Wasserdruck gegen den feststehenden Kern gedrückt wird, seit etwa $1^1/_2$ Jahren in der Spiegelmanufaktur von St. Gobain unausgesetzt im Gebrauch ist. Die Leistungsfähigkeit derselben beträgt 3 bis 4 Stück Häfen pro Stunde, während ein Hafenmacher nur einen einzigen solchen Hafen pro Tag fertigstellte.

Als besondere Vorzüge dieser Pressen werden noch folgende Punkte hervorgehoben:

1) Grosse und billige Produktion, 2) Verwendung sehr trockner und grobkörniger Masse, 3) lange Dauer der hergestellten Gefässe.

Das Formen aus freier Hand. Diese Arbeit fängt, wie das Formen in der Form, mit der Bildung des Bodens an. Das Hafenbrett liegt auf einer hölzernen Unterlage, die aus zwei kreuzweise verbundenen Klötzen *aa* besteht (**Fig. 47, Taf. III**), so dass dasselbe über dem Boden etwa 30 bis 40 cm hoch ist und der Arbeiter bequem arbeiten kann. Dieser wirft nun so viele, durch Rollen auf dem Hafentische zubereitete Cylinder mit aller Gewalt auf der Mitte des Bretts aufeinander, bis er Thonmasse genug zu haben glaubt, um daraus den Boden formen zu können, wobei er den Haufen, mittels des Stampfers **Fig. 48, Taf. III**, ausbreitet. Ein geübter Arbeiter trifft dies stets so genau, dass er keine andern Hilfsmittel bedarf, um von vornherein dem Boden die richtige Stärke zu geben; im andern Falle untersucht er dies mit der Leere, **Fig. 49, Taf. III**, wo er dann das Ueberflüssige am Rande abstreicht. Nachdem dies geschehen, erhält der Boden seine gehörige Gestalt und der Rand desselben wird mit der Hand etwas niederge-

drückt, so dass rund herum eine Rinne entsteht, in welche die Cylinder, die den Anfang der Seitenwände bilden sollen, eingelegt werden können. Zu dem Ende nimmt der Arbeiter einen Cylinder in die rechte Hand, legt das vordere Ende in die Rinne und drückt solche mit dem dritten Gelenke des Zeigefingers an. Damit aber die Masse durch diesen Druck nicht zu sehr ausweiche, legt er die linke Hand in die innere Fläche der Seitenwand, gerade dem Orte gegenüber, wo die Rechte andrückt, so dass jene einen Unterstützungs- und Widerstandspunkt abgibt. Sobald nun das Ende auf diese Weise angedrückt ist, fährt der Arbeiter etwa 2 cm an demselben zurück, drückt von neuem an, wobei er immer die linke Hand gegenüberhält, und fährt hiermit so lange fort, bis der ganze Cylinder eingelegt und fest angedrückt ist. Nun nimmt er einen zweiten Cylinder, setzt das Ende desselben an das Ende des ersteren an, drückt ihn so, wie oben beschrieben, nach und nach an, und wiederholt diese Operation mit neuen Cylindern so lange, bis er den ganzen Rand des Bodens besetzt hat. Darauf werden die übrig gebliebenen Fugen durch kleine, nahe aneinandergesetzte mit der Spitze des Zeigefingers gemachte Eindrücke geschlossen, und die noch vorhandenen Unebenheiten mit dem Ballen der Hand, die man etwas nass macht, glattgestrichen. Es bleibt jetzt nur noch übrig, diesen Ansatz kreisrund und von gehöriger gleichförmiger Dicke zuzurichten. Hierzu schneidet sich der Arbeiter 5 Stäbchen von der Länge des äussern Durchmessers der Häfen in verschiedenen Höhen und merkt an jedes Ende dieser Stäbchen mit einer Kerbe die einem jeden der Durchmesser zugehörige Dicke der Hafenwand. Legt er nun nach und nach eins der Stäbchen quer über seinen Hafen nach verschiedenen Richtungen, so vermag er leicht zu beurteilen, ob die Rundung und Dicke überall vorschriftsmässig sind und kann mit geringer Mühe die überflüssige Masse hinwegnehmen. Anstatt der Stäbchen kann man sich auch der bereits angegebenen Leere bedienen. Ist nun auf diese Weise die Seitenwand angefangen und abgeglichen, so macht der Arbeiter den zweiten Satz, indem er eine neue Schicht von Cylindern rund herum, ebenso wie die ersten ansetzt, die Fugen schliesst, ausebnet und das Ganze nach dem Kaliberstäbchen ausgleicht. So wird fortgefahren bis der Hafen fast seine halbe Höhe erreicht hat, dann lässt man ihn etwa 24 Stunden lang stehen, bis die Masse etwas angezogen hat, d. h. etwas getrocknet ist, und soviel Steifigkeit erhalten hat, um die noch daraufzusetzende Last tragen zu können, ohne dass sie weicht, zusammenstürzt, oder auch nur baucht. Die Arbeit wird in der vorbeschriebenen Weise so lange fortgesetzt, bis der Hafen die erforderliche Höhe erreicht hat, wobei sich der Arbeiter so einrichtet, dass jeder neue Satz von Cylindern den Hafen immer nur um 4,5 bis 7 cm höher macht.

Statt das Hafenbrett, um seine unmittelbare Berührung mit der Thonmasse zu verhüten, in Wasser quellen zu lassen, oder mit Sand zu bestreuen, ehe man den Thon darauf bringt, empfiehlt Stein die Anwendung eines eisernen Ringes von dem Durchmesser des Hafenbodens und etwa 3,5 cm Höhe, welcher an einer Seite offen ist und durch einen Vorstecker geschlossen werden kann. Dieser Ring wird auf das Hafenbrett gelegt und der von ihm umschlossene Raum mit gebranntem und gestossenem Thone angefüllt. Ist der Hafen geformt, so wird

der Ring hinweggenommen, die Hafenmasse kann sich nun nicht bloss ungehindert zusammenziehen, sondern auch nach unten durch den Thon austrocknen. Ohne die eine oder andere dieser Vorsichtsmassregeln würden durch die entgegengesetzten Bewegungen, die durch das Aufquellen und Eintrocknen des Hafenbretts entstehen, Risse in dem Boden verursacht werden. Die weitere Behandlung der so angefertigten Häfen, bis zum Brennen derselben, erfolgt ganz in der beim Formen in der Form angegebenen Weise. Im allgemeinen müssen die Wände der Häfen so dünn wie möglich sein, (wobei man jedoch auf die Zähigkeit des Thons, sowie auf das Gewicht des zu tragenden flüssigen Glases Rücksicht zu nehmen hat), damit sie leichter von der Wärme durchdrungen werden; dicke Wände wirken in derselben Weise, wie kalte Bänke; trotz einer über alles Mass fortgesetzten Schmelzung und Läuterung wird das Glas niemals recht klar; und wenn es durch die Läuterung endlich klar geworden ist, kühlt es sich während des Blasens ab, entglast und wird krätzig. Die verschiedene Stärke der Wände hat einen solchen Einfluss auf das Schmelzen, dass derselbe oft durch eine merkliche Verschiedenheit in den Produkten eines und desselben Ofens zum Vorschein kommt.

Nach Pütsch sollen die mit aus freier Hand geformten Häfen von grösserer Haltbarkeit sein, als die in der Form hergestellten, und jene daher vor den letzteren der Vorzug zu geben sein, obschon diese äusserlich ein eleganteres Ansehen zeigen. Benrath jedoch fand bei gleich tüchtigen Hafenmachern und gleichem Thone keinen Unterschied in der Haltbarkeit und zieht den Hafenbau aus freier Hand nur dann vor, wenn es sich um die Kontrolle eines in bezug auf seine Leistungsfähigkeit unbekannten Hafenmachers handelt, da bei der freien Handarbeit Ungeschicklichkeiten und Nachlässigkeiten mehr hervortreten und sich nicht so leicht vertuschen lassen.

Das Formen der geschlossenen Häfen (**Fig. 35, Taf. III**). Die Anfertigung dieser oben verdeckten und seitlich offnen Häfen geschieht in folgender Weise. Man baut zunächst den Hafen wie gewöhnlich auf, stellt alsdann vor die vordere Seite ein notenpultähnlichss aus drei Brettern zusammengefügtes hölzernes Gestell, macht mittels eines Messers zwei senkrechte, 40 cm herabgehende und 26 cm voneinander entfernte Einschnitte, legt den hierdurch entstehenden Thonlappen auf das bereitstehende schräge Brettchen, um an jenen das Mundstück des Hafens anzusetzen. Der Hinterwand gibt man zu dem Zwecke durch vorsichtiges Drücken und Schlagen mit der flachen Hand von aussen, während man mit der linken Hand die innere Fläche stützt, die nötige Wölbung und baut alsdann den Hafen weiter bis zur halben Wölbung, indem man allmählich die Wandung immer mehr einzieht, die sich so bildende Kappe, welche die Neigung hat, sich nach innen einzusenken, muss man durch einen Stab, dem oben ein Brettchen aufgeschoben ist, damit er sich nicht einbohren könne, stützen. Ist man soweit vorgeschritten, so beginnt man bei dem Einschnitte mit der Bildung der Schnauze (wobei man nicht versäumen darf, die miteinander zu vereinigenden Flächen rauh zu machen) und arbeitet alsdann die beiden Ecken in der Richtung nach vorn und aufwärts aus. Zur Vollendung der Wölbung wird das Schlussstück unmittelbar auf die Schnauze

aufgesetzt, wobei man, um die Schnauze egal zu machen, eine Holzform von der Gestalt der Oeffnung einsetzt. Hierauf kann das pultförmige Gestell fortgenommen werden, während man gleichzeitig zur Unterstützung des Mundstücks, gerade in seiner Biegung eine aus Hafenmasse gefertigte etwa 5 cm dicke Wulst, nachdem zuvor beide Flächen rauh gemacht wurden, anlegt. Schliesslich versieht man das Innere der Schnauze, etwa 2,5 cm von ihrem äussern Rande entfernt, noch mit einem 1,3 cm starken Ansatze, der dem später einzusetzenden Vorsetzer als Halt dient.

Kontinuierliche Häfen. Mit der Benutzung der bisher betrachteten Häfen sind mehrfache Uebelstände verbunden, indem dieselben eine alternierende Benutzung des Ofens als Schmelz- und Arbeitsraum bedingen. Infolgedessen müssen die Oefen Tag für Tag eine gewisse Zeit lang auf höchster Schmelztemperatur gehalten werden, während sie in der übrigen Zeit, in welcher das fertiggeschmolzene Glas verarbeitet wird, bedeutend abgekühlt werden. Ist dann die Arbeit beendet und neues Gemenge in die Häfen eingelegt, so ist der Ofen so kalt geworden, dass gewöhnlich in einigen Stunden erst die richtige Schmelzhitze erreicht wird. Durch diese abwechselnde Erhitzung und Abkühlung leiden Häfen und Oefen und es werden durch dieselben bedeutende Verluste an Brennmaterial und Zeit verursacht. Schon Bontemps berichtete daher*) über einen von Morlot konstruierten Hafen, welcher ein kontinuierliches Schmelzen und Arbeiten ermöglichen sollte. Nach **Fig. 50** und **51, Taf. IV,** hat derselbe bei etwas ovaler Form einen oberen Durchmesser von etwa 0,57 × 0,68 m und einen unteren von 0,57 und ist durch eine dem kleineren Durchmesser parallele Scheidewand in zwei nicht ganz gleiche Hälften geteilt, von denen die grössere offen ist, während die kleinere mit einer Kappe und Schnauze versehen ist, wie ein gewöhnlicher verdeckter Hafen. In der Scheidewand ist unten am Boden ein Loch von 2 cm Weite, durch welches das in den offenen Teil fortwährend eingetragene Gemenge, nachdem es niedergeschmolzen, in den verdeckten Teil übertritt und in demselben aufsteigt, um durch die Schnauze kontinuierlich verarbeitet zu werden. Dieser zweiteilige Hafen erweist sich aber insofern als nicht zweckentsprechend, als eine Läuterung des Glases weder in der ersten, stets mit neuem Gemenge versehenen Abteilung noch in der zweiten, infolge der Kappe kühleren und daher das Glas in zähflüssigem, verarbeitungsfähigem Zustande enthaltenden, Abteilung erfolgen kann und somit das Produkt mehr oder weniger knotig oder blasig ausfällt. Noch weniger zweckentsprechend sind, die hier und da in Anwendung gekommenen, allerdings leichter herzustellenden Häfen, mit eingelegtem Krümmerrohre, wie **Fig. 52, Taf. IV,** zeigt. Später hat Siemens für den kontinuierlichen Hafen die dreiteilige Form gewählt und hierdurch die Aufgabe vollkommen gelöst. In den **Fig. 53** bis **56, Taf. IV,** ist ein solcher Hafen in mehrfachen Durch- und Querschnitten abgebildet. *A* ist der Schmelzraum, in den beständig neues Gemenge eingelegt wird, so dass es auf dem schmelzenden Glase eine kleine Erhöhung bildet. Das geschmolzene, stets spezifisch schwerer werdende Glas sinkt im Schmelz-

*) Guide de verrier 131.

raum zu Boden, tritt durch ein Loch in der Nähe des Bodens in den vertikalen Kanal *a* und durch diesen oben in den Läuterraum *B*, in welchem es abermals, da es mit zunehmender Reinheit immer schwerer wird, untersinkt worauf es durch das Loch *b* endlich in den verdeckten Arbeitsraum *C* gelangt, aus welchem es fortwährend geschöpft wird. Diese Häfen arbeiten bei genügend heissem Ofengang so vorzüglich, dass sie zur kontinuierlichen Erzeugung aller, selbst farbiger Glassorten dienen können.

Das Trocknen der Häfen. Dies ist von allen Operationen bei der Anfertigung der Häfen bei weitem die schwierigste, und die geringste Unvorsichtigkeit in der Leitung der Temperatur während dieses Prozesses hat nicht selten den Verlust einer grossen Anzahl bis dahin gut gelungener Häfen zur Folge. Hauptsächlich ist es der Boden des Hafens, welcher nicht nur wegen seiner im Vergleich zu der der Wand bei weitem grössere Stärke, sondern auch wegen der weit ungünstigeren Verhältnisse, in welchen er sich in betreff des Trocknens zu den andern Teilen des Hafens befindet, so viele Rücksichten erfordert. Wenn das Hafenbrett, ehe man den Thon aufbringt, durch Einlegen in Wasser aufgequellt worden war, so zieht sich dasselbe fast in demselben Verhältnisse zusammen, wie der Boden des Hafens und es findet nicht leicht ein Reissen der Thonmasse statt. Nimmt man dagegen den Thon auf ein trocknes Hafenbrett, so absorbiert dieses das Wasser aus dem Boden des Hafens, der sich dadurch sichtbar zusammenzieht, während gleichzeitig das Hafenbrett sich ausdehnt. Infolge dieser entgegengesetzten Bewegungen würde der Boden unfehlbar abreissen, wenn nicht die Unterlage auf die eine oder andere Weise, wie wir es angegeben haben, gleichsam beweglich gemacht worden wäre und dem Boden des Hafens, in dem Masse als er trocknet folgen könnte. Doch ist auch hierdurch ein vollkommen gleichmässiges Zusammenziehen des Bodens noch nicht verbürgt, vielmehr muss man um dies zu erreichen, den Boden im Innern des Hafens mit einem nassgemachten und wieder ausgedrückten grossen Schwamm bedecken, oder sich der oben angeführten Abänderungen in der Form oder der Masse des Hafenbretts bedienen. Nach Loysel kommt alles darauf an, dass, ehe die Häfen in den Anwärmeofen kommen, das Trocknen anfänglich sehr langsam und bei einer Temperatur erfolge, die mit 10 bis $12^1/_2{}^0$ C. anfängt und mit 37 bis 40^0 C. endigt. Die Uebergänge dürfen, besonders im Anfange, keine plötzlichen sein, sondern müssen nach und nach gradweise erfolgen. Die Zeit welche die Häfen zum Austrocknen gebrauchen, ist nach dem Feuchtigkeitszustande der umgebenden Luft verschieden, im allgemeinen aber nicht unter 4 Monaten. Demnach würde die Zunahme der Temperatur so zu regulieren sein, dass sie für je 5 Tage etwa 1^0 C. betrüge. Den Wassergehalt der Luft in der Hafenstube erfährt man am besten vermittelst eines in derselben aufgehängten Psychrometers, d. i. zweier genau korrespondierender Thermometer, von welchen die Kugel des einen mit Musselin, der mit destilliertem Wasser nass gehalten wird, umhüllt ist. Wenn beide Thermometer fast denselben Stand zeigen, so ist es nötig einen Luftwechsel eintreten zu lassen, weil jener Umstand beweist, dass auf dem feuchten Musselin eine Wasserverdunstung, welche, wenn sie vorhanden wäre, die Kugel

des betreffenden Thermometers abkühlen würde, nicht stattfindet, dass also überhaupt die Luft im Trockenraume zu sehr mit Feuchtigkeit gesättigt ist, um noch weitere in sich aufnehmen zu können. Ein demselben Zwecke dienendes, in der Anwendung vielleicht noch einfacheres Mittel ist das sogenannte Haarhygrometer, welches die durch den Feuchtigkeitsgehalt der Luft bewirkte Verlängerung eines Menschenhaars durch einen Zeigerapparat dem Auge sichtbar macht und gleichzeitig jenen Feuchtigkeitsgehalt in Prozenten angibt. Lassen diese Instrumente die Notwendigkeit eines Luftwechsels erkennen, so werden die Fenster vorsichtig geöffnet, wobei man darauf zu sehen hat, dass die Häfen nicht von einem einseitigen Luftstrome getroffen werden. Noch besser ist es, wenn das Lokal an der Decke oder den Seitenwänden mit eigenen Luftlöchern versehen ist, die nach Bedürfnis leicht geöffnet und wieder geschlossen werden können. Sind nach Verlauf von etwa 4 Wochen, die Häfen hinlänglich abgetrocknet, so kehrt man sie um, d. h. den Boden nach oben gerichtet, damit auch dieser trockne. Man bedient sich hierzu eines eignen, zweirädrigen Schubkarrens von einer ähnlichen Einrichtung, wie sie auf Fruchtböden zum Transport von Getreidesäcken gebräuchlich sind.

Es wird vielfach, jedoch mit Unrecht, empfohlen die Häfen während der ersten vier Wochen täglich zu schlagen; sie müssen vielmehr während des Trocknens vor jeder Erschütterung bewahrt werden, damit die nebeneinanderliegenden Teilchen keine Verschiebung erleiden, wodurch unzählige Risse entstehen würden; nur in den ersten Tagen stampft und schlägt man den Boden des Hafens so weit, dass er nicht mehr leicht Eindrücke annimmt.

Bei der Wichtigkeit des Gegenstandes dürfte es gerechtfertigt erscheinen, auf das in England befolgte Verfahren, das Reissen der Thonwaren zu verhüten, hinzuweisen. Die geformten Gegenstände kommen in eine möglichst eng damit anzufüllende Kammer, in die man nötigenfalls noch einige Gefässe mit Wasser setzt, und die man alsdann vollständig verschliesst. Man erwärmt nun die Kammer von aussen und setzt dies so lange fort, bis sämtliche Gegenstände darin durch und durch eine ziemlich hohe Temperatur angenommen haben. Alsdann erst lässt man den in der Kammer enthaltenen Wasserdampf langsam austreten, und führt schliesslich noch etwas trockne, warme Luft ein, um das Trocknen zu vollenden. Da das Reissen der Thonwaren dadurch bedingt ist, dass der Thon infolge der hohen Temperatur an der Oberfläche zuerst trocknet, und sich zusammenzieht, während er im Innern, wohin die Wärme nicht so leicht dringen kann, und wodurch die Verdunstung an der Oberfläche noch Wärme entzogen wird, noch feucht und voluminöser ist, so will man dadurch, dass man die Gegenstände in einer mit Wasserdampf bei der gegebenen Temperatur vollkommen gesättigten Luft längere Zeit einer höhern Temperatur aussetzt, erreichen, dass das Innere ebenfalls die höhere Temperatur annimmt, ohne dass die Oberfläche in der feuchten Luft trocknen kann. Ist dies einmal erreicht, so erfolgt das Trocknen in höherer Temperatur ebenso gefahrlos in bezug auf das Reissen, und weit rascher, als bei niedriger.

Wenn sich diesem Verfahren, welches theoretisch vollkommen richtig ist, in der Praxis nicht unüberwindliche Schwierigkeiten entgegenstellen, so würde man nicht nur von der Witterung und Jahreszeit unabhängig sein, sondern überhaupt das Trocknen der Häfen in einer weit kürzeren Zeit bewirken können, und es braucht nicht erst besonders darauf aufmerksam gemacht zu werden, einen wie grossen Einfluss dieses Trockenverfahren auf die Glasfabrikation haben würde.

Die Ringe oder Scheiben, die auf das geschmolzene Glas gelegt werden, um während des Blasens dessen Oberfläche stets rein zu erhalten, bestehen aus derselben Thonmasse wie die Häfen.

Mitteninne zwischen diesen Ringen und den früher besprochenen kontinuierlichen Häfen stehen die gleichfalls von Siemens angegebenen und diesem patentierten Raffinerieschiffchen, welche zur Durchführung einer kontinuierlichen Arbeit in den Wannenöfen bestimmt sind. In **Fig. 57** und **58, Taf. IV,** ist ein offenes Schiffchen der Art abgebildet, während **Fig. 59** und **60, Taf. IV,** ein solches mit gedecktem Arbeitsraume zeigen. Die Schiffchen schwimmen vor den Arbeitslöchern des Ofens auf dem Glase, schöpfen durch Oeffnungen r, r Glas aus der Wanne in ihren Läuterraum B, in welchem jenes untersinkt, worauf es durch die in der Scheidewand angebrachten tieferstehenden Löcher in den Arbeitsraum A eintritt, aus welchem der Glasmacher es fortwährend entnimmt. Die Oeffnungen r sind so hoch angebracht, dass das Glas direkt unter der Oberfläche geschöpft wird, so dass Unreinigkeiten, welche ganz oben schwimmen zurückbleiben. Auf der Oberfläche von B zunächst sich ausbreitend, wird das Glas unter der Einwirkung der Hitze völlig raffiniert, nimmt infolgedessen an spezifischem Gewichte zu, sinkt allmählich unter und gelangt als schweres, reines Glas durch die Oeffnungen a nach A und wird hier an der Oberfläche ebenso, wie aus einem gewöhnlichen Arbeitsringe aufgenommen und verarbeitet.

Die Grösse dieser Schiffchen ist je nach der Menge des zu verarbeitenden Glases, nach der Schmelzfähigkeit des Ofens, der Temperatur u. s. w. verschieden; in der Regel sind sie bei 1 m Länge 0,5 m breit und 0,25 m tief.

Das Brennen der Häfen. Ehe die Häfen in den Schmelzofen kommen, müssen sie allmählich auf die Temperatur desselben erhitzt werden; dies geschieht in dem Aufwärm- oder Temperofen, einem Flammofen, der entweder, wie dies früher ganz allgemein der Fall war, mit dem Schmelzofen verbunden und durch die aus letzterem abgehende Wärme geheitzt wird, oder besser, wie jetzt wohl mit nur einzelnen Ausnahmen üblich, von diesem getrennt, mit eigner Feuerung versehen ist. Das Innere des Ofens ist aus feuerfesten Steinen aufgeführt, die äusserlich mit einer Rauchmauer von gewöhnlichen Ziegeln umgeben sind; ihre Kapazität ist verschieden, je nach Bedarf zwischen 2 und 6 Häfen wechselnd. Die Häfen stellt man auf die Sohle nicht unmittelbar, sondern auf einige auf die hohe Kante gestellte Backsteine. Den Eingang zum Ofen verschliesst man mittels Platten aus gebranntem Thon, wobei man im obern Teile des Eingangs eine Oeffnung lässt, die der Flamme und dem Rauch den Ausgang gestattet.

Wenn der Ofen in dieser Weise vorbereitet ist, öffnet man zum Teil den Fuchs zum Schmelzofen, so dass sich das Innere nach und

nach erwärmt. So lange die Hitze noch nicht die anfangende Rotglut erreicht hat, muss man sehr vorsichtig sein; alsdann öffnet man den Fuchs ganz, und steigert durch ein Steinkohlen- oder Holzfeuer, welches man durch eine in dem untern Teile der Schlussplatte angebrachte Oeffnung unterhält, die Temperatur bis zu der des Schmelzofens.

Gewöhnlich beginnt man mit dem Erhitzen der neuen Häfen, nachdem man die alten mit dem Glassatz beschickt hat; während derselbe schmilzt, sucht man die Hitze auf Rotglut zu bringen, damit die Häfen gegen das Ende des Blasens, es ist dies der Moment, in welchem das Einsetzen beginnt, gehörig erhitzt sind.

Anfertigung der verschiedenen zum Baue der Oefen erforderlichen gebrannten Steine. Die Fabrikation dieser Steine erfordert ebenfalls viel Aufmerksamkeit und Sorgfalt, indem die Dauer des Ofens von ihrer Beschaffenheit abhängig ist.

Der Schmelzofen besteht im allgemeinen aus dem Herd, den Bänken, der Umfangsmauer, dem Gewölbe und dem Schornstein. Jeder dieser Teile hat seine besondere Bestimmung und ist den verschiedenen Einflüssen der Wärme und der beim Schmelzen des Glases sich verflüchtigenden Stoffe ausgesetzt. Nach dem Platze, den sie im Ofen einnehmen, unterscheidet man Pfeilersteine, Kappensteine, Feuerungssteine, Vorsatzsteine, Gewölbe- oder Arkadensteine, einfache Kappen- und Gewölbsteine, Quadratsteine u. s. w. bis herab zu den Steinen von der Form und Grösse der gewöhnlichen Schamotte- oder Ziegelsteine. Zu ihrer Herstellung bedient man sich hölzerner, aus Brettern zusammengesetzter Formen, die so eingerichtet sind, dass man die fertigen Steine herausnehmen kann. Die mit Wasser wohl angefeuchtete und mit Sand bestreute oder auch mit Oel eingeriebene Form stellt man auf ein ebenes, mit grober Schamotte bestreutes Brett, füllt die Form mit der gehörig vorbereiteten plastischen Thonmasse nach und nach aus, und stampft diese mittels eines runden am untern Ende mit Leinwand benagelten Stücks Holz ein und schlägt sie, um den Stein recht dicht zu machen, mit einem Schlägel fest. Seine Vollendung erteilt man dem so geformten Steine, indem man den überflüssig eingeschlagenen Thon mit einem Drahte abschneidet und seine obere Seite mit einer Mauerkelle vollkommen glatt streicht. Nachdem man den Stein im Sommer in einem bedeckten, im Winter in einem geheizten Raume in der Form hat stehen lassen, öffnet man die Form, hebt sie vom Steine ab, und setzt sie auf ein anderes Brett, um sofort die Anfertigung eines zweiten Steines zu beginnen. Je fester der Thon in die Form geschlagen wurde, um so vorzüglicher gestaltet sich die Qualität der fertigen Steine; es erlangen dieselben daher das grösstmögliche Mass der Vollkommenheit, wenn die Thonmasse mittels starken Drucks in die Form gepresst wird, wozu die oben näher beschriebene kleinere Simonsche Presse, oder eine ähnliche Vorrichtung dienen kann. Steine, die beim Herausnehmen aus der Form Risse bekommen haben, sind zu verwerfen, denn sie lassen sich ebensowenig ausbessern, wie Häfen, die beim Trocknen gerissen sind.

Die Verhältnisse zwischen dem rohen Thon und der Schamotte oder dem Sande, wie sie sich bei den verschiedenen Sorten Thon als zweckmässig herausgestellt haben, werden in der Regel geheim gehalten; wir

können jedoch einige Vorschriften, nach denen wirklich Briketts angefertigt werden, mitteilen, und können dieselben wenigstens als Anhalt dienen, wenn nicht dieselben, aber ähnliche Thonsorten zur Verfügung stehen.

Bankplatten.

1.

1 Teil Thon von Andennes,
3 „ grobkörniger, gewaschener und geglühter Sand.

2.

6 Teile roher Thon v. Forges-les-Eaux,
6 „ gebrannter Thon, oder gemahlene Steine,
5 „ grobgepulv. } Häfenscherb.
4 „ feingepulv. }

3.

8 Teile Thon von Bedoins,
8 „ gebrannter Thon,
13 „ Sand oder gemahlener Quarz.

Nr. 2 und 3 eignen sich besonders für die oberen Schichten der Bänke, die Schalen.

4.

4 Teile Thon von Forges-les-Eaux,
3 „ Thon von Bedoins.
7 „ gebrannter Thon,
7 „ gewaschener Quarzsand.

5.

2 Teile Thon von Langenau,
1 „ gewaschener Quarzsand.

6.

6 Teile Thon von Klingenberg,
8 „ gewaschener Quarzsand.

7.

5 Teile Thon von Vallendar,
7 „ gemahlene Backsteine,
1 „ Thon von Forges-les-Eaux, oder Bolene,
6 „ Sand v. Voreppe (Isere).

Nr. 4 eignet sich zu den untern Schichten der Bänke. Der anzuwendende Sand muss durch ein Drahtsieb, welches auf den Zentimeter 6 Fäden zählt, gesiebt worden sein.

Als gemahlene Backsteine verwendet man immer diejenigen, welche von demselben Platze herrühren, für welchen die neuen Steine bestimmt sind.

Die fetten Thone von Schwarzenfeld, Deggendorf und Kehlheim eignen sich durchaus zur Anfertigung von gebrannten Steinen für Schmelzöfen, wo man Glaubersalz oder Kochsalz zur Glasfabrikation anwendet.

Kastensteine.

Für diese müssen die Kompositionen fetter sein, als bei den vorigen.

1.

1 Teil Thon von Andennes,
2 „ gewaschener Sand.

2.

5 Teile Thon von Forges-les-Eaux,
2 „ Thon von Bedoins,
2 „ gebrannter Thon,
12 „ Quarz oder Sand,
4 „ Häfenscherben.

3.

2 Teile Thon von Langenau,
1 „ gebrannter Thon oder gemahlene Steine.

4.

10 Teile Thon von Klingenberg,
6 „ gewaschener Sand,
7 „ gebrannter Thon oder gebrannte gemahlene Steine.

Kappensteine.

1.

4 Teile Thon von Andennes,
7 „ gewaschener Sand.

2.

1 Teil Thon von Bedoins,
2 „ Sand oder Quarz.

3.

1 Teil Thon von Forges-les-Eaux,
5 „ Sand oder Quarz,

4.

2 Teile Thon von Langenau,
1 „ gebrannter Thon oder gemahlene Backsteine.

Diese Massen dienen auch zur Fabrikation von Streckplatten, Zwischenlagern, Ringsteinen, Vorsetzern etc.

Alle folgenden Gemenge sind auf Gegenstände anwendbar, welche ohne zu zerspringen einen raschen Temperaturwechsel zu ertragen haben; sie müssen darum porös sein und aus einem mageren Teige angefertigt werden.

1.

1 Teil Thon von Andennes,
2 „ gebrannter durch ein Sieb mit 7 qmm gesiebter Thon.

2.

5 Teile Thon von Forges - les-Eaux,
9 „ gebrannter, durch ein Sieb mit 6 Fäden auf 1 cm gesiebt.

3.

5 Teile Thon von Schwarzenfeld,
2 „ Thon von Klingenberg,
10 „ Ziegelmehl, durch ein Sieb mit 14 Fäden auf das Zentimeter gesiebt.
4 Teile gebrannter Thon, durch ein Sieb mit 7 mm Maschen gesiebt.

4.

1 Teil Pfeifenthon von Köln,
1 „ gewaschener und durch ein Sieb von 21 Fäden auf 1 cm gesiebter Sand; (zu Strecksteinen).

Den mit Nr. 1 angefertigten Strecksteinen gibt man 9 cm, die von Nr. 4 erhalten 4 cm Stärke.

Man lässt das angefeuchtete Gemenge acht Tage an einem kühlen Orte liegen, knetet es alsdann durch, wendet es 7 bis 8 mal, und formt alsdann die Steine. Man schlägt den in der auf ein hölzernes Brett gelegten Form gefassten Teig solange, bis er nur noch schwache Eindrücke annimmt, bald von der einen, bald von der andern Seite. Um hierbei die Formen beliebig umwenden zu können, bedeckt man sie mit einem zweiten Brette, und richtet beide Bretter in die Höhe, Form und Thonplatte zwischen ihnen. Diese beiden Bretter müssen vor ihrem Gebrauch 24 Stunden in Wasser gelegen haben.

Wenn man mit dem Schlagen aufhört, muss man diese beiden parallelen Bretter fest miteinander verbinden, und sie auf die hohe Kante stellen, wobei man der Form eine solche Stellung geben muss, dass keiner der beiden hölzernen Böden von der strahlenden Wärme des Ofens oder den Sonnenstrahlen getroffen wird. Der freie und un-

gehinderte Zutritt der umgebenden Luft verhindert den Stein sich zu krümmen.

Sobald die Steine getrocknet, gereinigt und gebrannt sind, werden sie um dicht aneinander zu schliessen, unter Mitwirkung von Sand aneinander gerieben, während man etwaige grössere Unebenheiten zuvor mit Meissel und Schlägel nach dem Richtscheit wegnimmt.

5. Glasierte Strecksteine.

1 Teil Thon von Andennes,
1 1/2 „ sehr feinen gewaschenen Sand,
1 „ Mennige.

Dieses Gemenge wird wie Nr. 4 behandelt, nur dass man den Stein 6 cm Stärke gibt.

6. Strecksteine von 3 cm Stärke.

1 Teil Thon von Andennes,
2 „ Graphit.

Behandlung wie bei Nr. 4.

Die Vorschriften 5 und 6, können auch in einer Stärke von 1 bis 2 cm auf ungebrannte Steine aus gewöhnlicher Masse in der unten angegebenen Weise aufgetragen werden und verleihen jenen eine glänzende Oberfläche, wenn man sie, noch feucht, mit einem gläsernen Schlägel glättet.

Die schwachen Strecksteine aus 4, 5 und 6 müssen in einen Metallrahmen mit durchbrochenem Boden eingesetzt werden, dessen Längsränder mit einem Falze versehen sind, der auf Schienen gleitet.

Beim Brennen der Steine hat man hauptsächlich darauf zu sehen, dass sie sich nicht verbiegen, man muss sie senkrecht auf die hohe Kante stellen, und in dieser Stellung zu erhalten und zu befestigen suchen, indem man sie mit ihren Rändern aneinander rückt. Die starken Steine verbiegen sich nur selten, sobald sie nur in der aufrecht gestellten Form und zwischen zwei hölzernen Brettern getrocknet worden sind. Wenn man sehr dünne Platten zu brennen hat, so ist es unerlässlich, sie aufrecht zwischen zwei gebrannten und geglätteten Steinen in den Ofen zu bringen.

Das Glätten der Strecksteine. Alle Strecksteine müssen nach dem Brennen von aussen abgeputzt und glatt gemacht werden. Diejenigen Glashütten, welche Maschinen zum Schleifen von Spiegelglas besitzen, können den Steinen leicht eine vollkommen glatte Oberfläche erteilen, in Ermangelung solcher Vorrichtungen aber muss man ein Brett, Sand und Wasser zu Hilfe nehmen, womit man den Stein nach allen Richtungen reibt und scheuert. Nachdem die Steine gut abgeschliffen sind, trocknet man sie, befreit sie von allem Staube, indem man mit einem leinenen Tuche darauf schlägt, und trägt hierauf die Glasur auf, welche aus einer nach Nr. 5 oder 6 hergestellten plastischen Masse besteht. Hierbei verfährt man folgendermassen.

Man macht Mennige mit Wasser zu einem ziemlich dicken Brei an, welchem man etwas ungebrannten Thon zusetzt. Hiervon breitet man eine dünne gleichförmige Schicht auf dem abgeschliffenen Steine aus, und lässt trocknen. Mittels eines in Wasser getauchten Schwammes befeuchtet man nun einen gewissen Teil der Oberfläche und breitet mittels eines eisernen Spatels von jener Masse eine dünne Schicht darauf aus; dann befeuchtet man eine neue Stelle der Oberfläche, die an die erstere grenzt und breitet ebenfalls von der Masse auf derselben aus. So fährt man fort, bis der ganze Stein mit der Masse überzogen ist. Nachdem dies geschehen, befeuchtet man die Oberfläche abermals mit sehr wenig Wasser und poliert sie mittels eines Läufers von Glas, ohne jedoch hierbei zu oft auf dieselbe Stelle zurückzukommen, weil die Masse, die wegen Abgabe ihres Wassers an den porösen Stein und wegen des Reibens schnell trocken wird, sich sonst abblättern würde. Schliesslich bedeckt man das Ganze mit einem Tuche und lässt es im Schatten trocknen.

Um die Oberfläche zu brennen, hat man den so vorbereiteten und getrockneten Stein auf seinem Wagen nur in den vordern Teil eines Schmelzofens zu bringen; sobald er hier die beginnende Rotglut angenommen, hat, schiebt man den Wagen in den Schmelzofen selbst, in welchem ein Aufenthalt von 30 bis 40 Minuten genügt, die aufgetragene Schicht vollkommen zu brennen. Durch Anwendung dieser glasierten Steine umgeht man die Streckplatten von Glas oder das Lager.

Man begnügt sich indessen gewöhnlich mit unglasierten, sorgfältig gearbeiteten und geglätteten Steinen, deren Oberfläche man dadurch eine dauerhafte Politur verleihen kann, dass man auf dieselbe vor dem Brennen eine dünnflüssige Mischung aus Wasserglas und feinstgeschlämmtem Thone mittels einer weichen Bürste oder eines Pinsels recht gleichmässig aufträgt.

Allgemeine Betrachtungen. Indem man sich das über die feuerfesten Thone, den Zement, die Anfertigung der Häfen und gebranntem Steine Gesagte ins Gedächtnis zurückruft, gelangt man zu folgenden Schlüssen:

1) dass man rücksichtlich des zu verarbeitenden Thones eine gute Wahl treffen, denselben sortieren und von allen fremdartigen Körpern reinigen muss, indem man ihn zerkleinert, mit Wasser anrührt und als Brei durch ein Sieb treibt, sich absetzen lässt, dass überstehende Wasser dekantiert und den Absatz trocknet;

2) dass man als Magerungsmittel scharf und gleichmässig gebrannten Thon, oder scharfkantigen, gewaschenen und geglühten Quarzsand anwenden muss;

3) dass die Substanzen fein gepulvert werden müssen;

4) dass man die Substanzen im trocknen Zustande und dem Volum nach mengt;

5) dass man zum Anketen des Thons kochendes Regen- oder Brunnenwasser, welches man durch ein Sieb hat laufen lassen, anwenden muss;

6) dass man die verschiedenen Substanzen sehr sorgfältig untereinander vermengen, und dann acht Tage lang an einem kühlen Orte sich selbst überlassen müsse;

7) dass man die Masse gehörig kneten und 6 bis 8 mal umwenden müsse, um sie so homogen als möglich zu machen, welches letztere man daran erkennt, dass sich auf einer Schnittfläche weder Adern noch Risse wahrnehmen lassen;

8) dass man die geknetete Masse zweckmässig in einer ausgemauerten mit einer Strohmatte und Thür bedeckten Grube solange sich selbst überlässt, bis sie nach Ammoniak zu riechen anfängt; in diesem Zustande schneidet man sie im Troge in dicke Blöcke, wie sie ein Arbeiter noch handhaben kann;

9) dass man die Häfen auf einem 24 Stunden in Wasser gelegenen oder besser auf einem mit beweglichen, zentralen Ausschnitte versehenen Hafenbrette oder auf einem entsprechend grossen Schamottesteine aufzubauen beginnt, um hierdurch ein gleichmässiges Zusammenziehen des Hafenbodens zu bewirken, und dessen Abreissen zu verhindern;

10) dass das Innere der Form und das Aeussere des Schlägels mit angenässter Leinwand bedeckt werden müssen;

11) dass man ganz besonders den Boden und den untern Teil der Seitenwände des Hafens aus einem einzigen Stück der Thonmasse bilden müsse, indem man letztere weder zu weich noch zu konsistent anwendet; denn die weiche Masse vermindert während des Trocknens die Stärke des Bodens und der Wände und vermehrt die Gefahr des Reissens;

12) dass man die Vereinigung der Wulste von innen nach aussen bewirken, und hierbei mit aller Sorgfalt darauf achten müsse, dass nicht Luft zwischen den Berührungsstellen der Masse eingeschlossen werde;

13) dass man das Schlagen der neuen Häfen den zweiten Tag nach ihrer Anfertigung unterlassen müsse, damit die Nebeneinanderlagerung der kleinsten Teilchen der Thonmasse nicht gestört werde;

14) dass die Temperatur des Magazins, in welchem die neuen Häfen während der ersten beiden Wochen vom Tage ihrer Anfertigung aufbewahrt werden, 25° C. nicht überschreiten dürfe;

15) dass man zur Anfertigung der Häfen drei Kammern zur Verfügung haben müsse, wo die erste, die auf 15 bis 20° C. erwärmt, dazu dient den Thon oder die Thonmasse zu bearbeiten und die Häfen zu formen, die zweite, die 20 bis 30° C. warm gehalten wird, die Häfen allmählich zu trocknen; die dritte endlich zur Aufbewahrung der trocknen, nach ihrer Nummer aufgestellten Häfen bestimmt ist;

16) dass die Häfen, damit auch ihr Boden austrockne, zwei Monate nach ihrer Anfertigung verkehrt aufgestellt werden müssen;

17) dass in den Gemengen von ungebrannten Thonen, deren Analyse eine grosse Menge von freier Thonerde ergeben, oder die beim Glühen viel Wasser verloren haben, die Menge des Magerungsmittels vergrössert, dagegen verringert werden muss, wenn sich das Gegenteil herausgestellt hat;

18) dass die Häfen aus fetten Thonmassen, oder mit starken Wänden, um Risse und Spalten zu verhüten, mit weit mehr Vorsicht, als solche von magerem Thon und dünnen Wänden erhitzt werden müssen;

19) dass man den Schmelzofen auf die Temperatur des Temperofens sich muss abkühlen lassen, bevor man die Häfen einsetzt;

20) dass man die Temperatur des Temperofens 8 bis 10 Stunden in der Hellrotglut erhalte, damit die Wärme Zeit habe die Wände gehörig zu durchdringen, und dass man das Einbringen der Häfen soviel als möglich beschleunigen müsse, ohne jedoch hier irgend welche Unvorsichtigkeit zu begehen.

Fünftes Kapitel.

Die Brennmaterialien.

Definition, Vorkommen, Eigenschaften.

Wie schon an einem früheren Orte gebührend hervorgehoben wurde, vollziehen sich die Prozesse, deren Endresultat das Glas ist, bei sehr hohen Temperaturen und es verdienen daher die Mittel zur Erzeugung jener um so mehr das ganze Interesse der Glasfabrikanten, als nicht nur der Aufwand für dieselben einen beträchtlichen Teil des Selbstkostenpreises für das erzielte Produkt ausmacht, sondern auch die Qualität des letzteren von der Beschaffenheit der Brennstoffe in gewissem Sinne beeinflusst wird.

Zur Erzeugung höherer Temperaturen dienen bekanntlich solche Körper, welche, bis zu einem gewissen Grade erhitzt, die Fähigkeit erlangen, unter Entwickelung von Wärme mit dem Sauerstoffgase der atmosphärischen Luft zu neuen, bei der erzeugten Temperatur flüchtigen, Verbindungen sich zu vereinigen d. h. zu verbrennen, und welche gleichzeitig in genügender Menge und zu entsprechenden Preisen zu beschaffen sind. Solche Körper nennen wir im allgemeinen Brennmaterialien.

Der Anzahl derjenigen Stoffe, welche wir nach der hier gegebenen Definition der Brennmaterialien zu diesen zählen können, ist eine verhältnismässig geringe und von diesen wenigen ist wieder nur eine bebeschränkte Anzahl für die Zwecke der Glasfabrikation verwendbar, so das Holz, der Torf, die Braunkohle, die Steinkohle, die Koks- und der Anthracit, sei es, dass dieselben direkt zur Anwendung gelangen oder nach ihrer vorherigen Ueberführung in brennbare Gase.

Ursprünglich und bis vor nicht sehr langer Zeit war das Holz das einzige in der Glasindustrie verwendete Brennmaterial und es entsprach dasselbe allerdings auch am vollkommensten den Anforderungen, welche man nach dem damaligen Standpunkte der Technik an einen Brennstoff machen musste. Jetzt aber hat es schon lange seine ehemalige

Bedeutung eingebüsst und nur in Gegenden, denen es an anderen Brennstoffen fehlt, oder in denen wenig entwickelte Industrie verhältnismässig nur geringen Konsum bedingt, findet es noch Verwendung. Eine Grossindustrie wird niemals da entstehen können, wo nur Holz als Brennmaterial sich bietet, denn wegen des ungeheueren Bedarfs an letzterem und wegen der langen Zeit, welche eine einmal abgeholzte Fläche nötig hat, neuen Nachwuchs liefern zu können, würden auch die holzreichsten Gegenden in kurzer Zeit völlig erschöpft sein. Aber auch die kleinere Industrie, welche früher in solchen holzreichen Gegenden blühte, kann die Konkurrenz ihrer mit anderen Materialien arbeitenden Rivalen nicht mehr bestehen, und wir sehen sie, wo zu grosse Entfernung von den Produktionsorten oder ungünstige Verkehrsverbindungen die Benutzung anderweitiger Stoffe unmöglich machen, entweder schon jetzt gänzlich darniederliegen, oder einen letzten, vergeblichen Kampf um ihre Existenz kämpfen.

Wenn wir hiernach zu der Ueberzeugung gelangen müssen, dass selbst die rationellste Forstkultur nicht im stande gewesen sein würde, die von der mächtig sich entwickelnden Industrie geforderten Brennmaterialmengen zu liefern, so fühlen wir um so mehr die ganze Bedeutung der reichen Schätze, die wir in den mächtigen Ablagerungen fossiler Brennstoffe besitzen, Schätze welche die Natur zu einer Zeit anhäufte, in der günstigste klimatische Verhältnisse eine ungeheuere Entwickelung des Pflanzenlebens gerade in den Gegenden ermöglichten, welche nach Millionen von Jahren die Bedingungen in sich vereinigen sollten, die sie zum Sitze der Intelligenz und der gewerblichen Thätigkeit des Menschen vorzugsweise geeignet machen.

Um auch eine in wenig Worte gefasste Darlegung der Vorgänge, denen die Brennstoffablagerungen, welche wir je nach ihrer Beschaffenheit, Braun- oder Steinkohlen nennen, ihre Entstehung verdanken, wollen wir zunächst eines Materials gedenken, das zwar der jüngsten Vergangenheit, ja der Gegenwart angehört, und daher jenen älteren Gebilden eigentlich nicht beizuzählen ist, welches aber als Mittelglied zwischen dem Holze einerseits und den Braun- und Steinkohlen anderseits, ganz geeignet ist, die Entstehung der letzteren aus dem ersteren dem Verständnisse näher zu bringen.

Dieses Gebilde, den Torf, sehen wir noch heute an Orten entstehen, an denen grosse Mengen von Sumpfpflanzen eine eigentümliche Umwandlung erleiden. Alljährlich entwickelt sich an diesen Orten, die wir Torfmoore nennen, eine üppige Vegetation unscheinbarer und an sich wertloser Pflanzen, unter denen mehrere Sphagnumarten die erste Stelle einnehmen. Alljährlich im Herbste sterben diese Pflanzen ab, um im nächstfolgenden Jahre einer neuen Moosdecke als Unterlage zu dienen. Während auf diese Weise die Torfmoore nur äusserst langsam zunehmen, erlangen sie im Laufe von Jahrtausenden eine stellenweise sehr beträchtliche Mächtigkeit, die man bei einzelnen zu 18, zu 30, ja zu 100 m nachgewiesen hat.

In diesen Torfmooren kann man die Veränderung der Pflanzenfaser infolge ihrer langsamen Zersetzung sehr wohl verfolgen; während die obersten Lagen die Struktur der Pflanzenteile, aus denen sie entstanden, noch deutlich erkennen lassen, zeigen die mittleren eine mehr

erdige Beschaffenheit und die untersten Schichten finden sich so sehr verändert und durch den Druck der auf ihnen lastenden Massen so verdichtet, dass ihre Entstehung aus Pflanzenresten sich nicht mehr erkennen lässt.

Während die Bildung des Torfes auf diese Weise täglich sich vollzieht, sind die Braunkohlen das Zersetzungsprodukt von Pflanzenteilen, welche jedenfalls in der Umbildungsperiode unseres Planeten angehäuft und durch darüber sich ablagernde Erdmassen bedeckt wurden, welche dem Erscheinen des Menschen auf jenem unmittelbar vorherging. Je nach den verschiedenen Umständen, welche bei diesen Vorgängen obwalteten, bietet sich uns die Braunkohle in den verschiedensten Formen dar, indem auch sie bald eine vollkommen holzähnliche Struktur bewahrt hat, so dass sich die Jahresringe, die Rinde und Blätter der Bäume, aus denen sie entstand, noch deutlich erkennen lassen, während sie an anderen Stellen ein erdiges und fast steinkohlenartiges Ansehen zeigt.

Bei weitem älter endlich, als die Braunkohlen sind die Steinkohlen. Man hat unter Berücksichtigung aller der Umwälzungen, welche nachweisbar nach Beendigung der Steinkohlenbildung auf der Erde stattgefunden haben, versucht, annähernd wenigstens die seit jener Zeit verflossene Anzahl von Jahren zu bestimmen und ist dabei zu dem Schlusse gekommen, dass diese etwa gleich 9 Millionen Jahre zu setzen sei, während man gleichzeitig aus der Mächtigkeit der vorhandenen Steinkohlenablagerungen die zu deren Bildung erforderliche Zeit auf eine Million Jahre schätzt.

Ob nun die Holzmassen, aus denen die Steinkohlen hervorgingen, an derselben Stelle gewachsen, an der die Kohlen sich finden, oder ob sie von andern Orten dorthin zusammengeschwemmt wurden, ob die Steinkohlen einer Zusammenhäufung von Baumstämmen ihre Entstehung verdanken, oder ob man in ihnen verdichtete Torfmoore erkennen müsse, und ob endlich diese Torfmoore aus der Verwesung von Landpflanzen hervorgegangen, oder Sedimente absterbender Meerespflanzen gewesen, — alles Fragen, deren endgültige Beantwortung noch aussteht — so haben wir doch auch in der Steinkohle nur das Zersetzungsprodukt ehemaliger Pflanzen zu erkennen.

Ebenso, wie der Torf und die Braunkohlen, treten auch die Steinkohlen in den verschiedensten Formen auf, in diesen ebenso viele verschiedene Qualitäten repräsentierend. Wie verschieden diese Kohlensorten aber auch sein mögen, stets besitzen sie eine tiefschwarze Farbe und, was als charakteristisches Unterscheidungsmerkmal zwischen ihnen und den steinkohlenähnlichen Braunkohlen dienen kann, auch ein schwarzes Pulver, sowie grosse Dichtigkeit und geben durch ihr Aussehen ihre Abstammung von Pflanzen in keiner Weise zu erkennen.

Wie lange wohl diese von der Natur angelegten Kohlenmagazine noch vorhalten mögen, ist eine oft aufgeworfene Frage, die um so mehr zu denken gibt, als ängstliche Gemüter die Erschöpfung jener Vorräte schon für eine nicht ferne Zukunft haben voraussehen wollen. Nach den neuesten Ermittelungen soll nun in Deutschland der Vorrat an Steinkohlen auf etwa 2 Billionen, in England auf 3 Billionen Zentner sich belaufen, während gleichzeitig in England etwa 2100 Millionen und in

Deutschland 900 Millionen Zentner jährlich gewonnen werden. Bei sich gleichbleibender Jahresproduktion würden also die englischen Kohlenminen in 1100 Jahren erschöpft sein, während Deutschland noch auf eine doppelt solange Zeit mit Steinkohlen versehen sein würde. Es ist jedoch wohl zu berücksichtigen, dass die jährliche Kohlenförderung in rapidem Steigen begriffen ist und zwar für England allein nach zwanzigjährigem Durchschnitt um 70 Millionen Zentner für jedes Jahr, wonach die Erschöpfung der englischen Gruben schon in etwa 200 Jahren erfolgen würde. Allerdings sind auch die Fortschritte, welche die Technik auf dem Gebiete der Kohlenersparnis fortwährend macht, nicht zu unterschätzen, und sei hier nur erwähnt, dass vor etwa 25 Jahren zur Erzeugung eines Zentners schmiedeeiserner Eisenbahnschienen mindestens 250 kg Steinkohlen erforderlich waren, während heute die Darstellung eines gleichen Gewichts Gussstahlschienen einen Aufwand von nur 125 kg Kohlen bedingt. Mag nun auch der durch die Zunahme der Bevölkerung, durch die weitere Entwickelung der Industrie zu erwartende Mehrverbrauch an Brennstoff durch solche Ersparnisse zum grossen Teile paralysiert werden, immerhin lehren uns solche Zahlen, dass der Reichtum unserer Kohlengruben kein unerschöpflicher sei.

Diejenigen Eigenschaften nun, auf welche man irgend ein Brennmaterial behufs Feststellung seines Wertes zu untersuchen hat, sind im allgemeinen seine Brennbarkeit, seine Flammbarkeit, seine Heizkraft, seine Dichtigkeit, seine Festigkeit, sowie die chemische Zusammensetzung seiner Verbrennungsprodukte und seiner Asche und zwar wird man bald auf die eine, bald auf die andere dieser Eigenschaften oder auch gleichzeitig auf mehrere derselben Rücksicht zu nehmen haben, für die Zwecke der Glasfabrikation aber hauptsächlich auf hohe Heizkraft und eine lange, reine Flamme. Was die letztere anbetrifft, so steht in dieser Beziehung unter den festen Brennstoffen, sobald dieselben als solche zur Verwendung kommen, das Holz obenan, während stückige Braunkohlen und fette Steinkohlen in zweiter Linie folgen, erdige Braunkohlen und weniger fette Steinkohlen nur geringen Wert haben, magere Steinkohlen und Anthracit unbrauchbar erscheinen. Die Beurteilung der Heizkraft aber kann nur nach wissenschaftlichen Prinzipien geschehen, auf die wir zunächst etwas näher eingehen müssen.

Wärmeeffekt.

Unter der Heizkraft oder dem Wärmeeffekte versteht man die bei der vollständigen Verbrennung eines gewissen Brennmaterialquantums entwickelte Wärme, unterscheidet, je nachdem diese Wärme rücksichtlich ihrer Quantität oder ihrer Intensität gemessen wird, den absoluten und den pyrometrischen Wärmeeffekt, und versteht unter dem ersteren die Wärmemenge, welche ein bestimmtes Gewichtsquantum eines Brennmaterials zu liefern vermag, während der letztere den in Thermometergraden ausgedrückten Wärmegrad bezeichnet, den ein Brennmaterial bei seiner Verbrennung entwickelt.

Wie schon einleitend hervorgehoben wurde ist die Verbrennung eines Körpers nichts anderes, als die Verbindung desselben mit Sauer-

stoff, welche unter reichlicher Entwickelung von Licht und Wärme sich vollzieht. Diese Vereinigung, die Verbrennung also, beginnt bei einer gewissen Temperatur, dem Verbrennungspunkt oder der Entzündungstemperatur die für verschiedene Substanzen und für verschiedene Arten der Verbrennung eine ungleiche ist. — Wie ein leicht entzündlicher Körper einen schwerer entzündlichen zum Verbrennen bringen, und wie ein an einer Stelle zur Entzündungstemperatur erhitzter Körper die Verbrennung auf seine ganze Masse fortpflanzen kann, hängt von verschiedenen Umständen ab.

Ein brennender Körper teilt die Verbrennung einem anderen brennbaren mit, wenn er den letzteren bis zu seiner Entzündungstemperatur erhitzt, ohne ihm den Zutritt der zur Unterhaltung der Verbrennung nötigen Luft abzuschneiden. Wenn ein brennbarer Körper bis zur Entzündungstemperatur erhitzt ist, so pflanzt sich die Verbrennung weiter fort, wenn die an jener Stelle vor sich gehende Wärmeentwickelung benachbarte Teile des brennbaren Körpers bis zur Entzündungstemperatur erhitzen kann. So brennt ein Holzspan weiter, wenn die an einer Stelle durch Entzündung und Verbrennen desselben entwickelte Wärme die benachbarten Stellen hinlänglich hoch erhitzen kann, dass sie auf die Entzündungstemperatur gebracht werden.

Wenn die bei der Verbrennung einesteils eines brennbaren Körpers freiwerdende Wärme unter gewöhnlichen Umständen nicht mehr hinreicht benachbarte Teile desselben zur Verbrennung zu bringen, so kann dies doch unter abgeänderten Umständen herbeigeführt werden, namentlich entweder, indem man den zu verbrennenden Körper, oder die Luft, unter deren Vermittelung er verbrannt werden soll, erhitzt.

Das Aufhören der Verbrennung eines Körpers, dadurch, dass die den brennenden Teilen benachbarte Teile desselben nicht mehr bis zur Entzündungstemperatur erhitzt werden, kann durch Entziehung von Wärme auf mehrfache Art, so beim Zuführen von zu viel kalter Luft, eintreten. Feuchtes Holz brennt nicht weiter, weil die bei der Verbrennung des entzündeten Teils freiwerdende Wärme nicht nur zur Erhitzung der benachbarten Holzteile, sondern auch zur Verdampfung von Wasser verwendet wird. Ein sehr dichter Körper, namentlich wenn er die Wärme gut leitet, kann aufhören fortzubrennen, weil die von den brennenden Teilen aus freiwerdende Wärme nicht auf die nächstliegenden beschränkt bleibt, sondern sich sogleich über eine grössere Masse des brennenden Körpers verbreitet, ohne diese bis auf die Entzündungstemperatur zu erhitzen; aus diesem Grunde brennt sehr dichte Kohle, an einer Stelle zum Glühen erhitzt, nicht weiter, während lockere Kohle von der Stelle aus, wo sie entzündet wurde, leicht vollständig verbrennt.

Die Ausdrücke vollkommene, richtiger vollständige und unvollkommene, richtiger teilweise Verbrennung, werden in verschiedenem Sinne gebraucht. Letztere kann stattfinden: 1) wenn die die Verbrennung unterhaltende Substanz (Sauerstoff) in unzureichender Menge vorhanden ist; 2) wenn die noch unverbrannten Teile nicht mehr auf die Entzündungstemperatur erhitzt werden, und 3) wenn das Verbrennungsprodukt den noch unverbrannten Teil umgibt und vor der weiteren Einwirkung der die Verbrennung unterhaltenden atmosphäri-

schen Luft schützt. In dem anderen Falle bezeichnet man als vollkommene Verbrennung die Verbindung des brennbaren Körpers mit dem Maximum an Sauerstoff, wie die Verbrennung des Kohlenstoffs zu Kohlensäure; als unvollkommene die mit einer geringeren Menge, wie bei der Verbrennung des Kohlenstoffs zu Kohlenoxyd(gas).

Um nun die Wärmemenge, welche verschiedene Stoffe bei ihrer Verbrennung erzeugen, miteinander zu vergleichen, untersucht man, wie viele Gewichtsteile Wasser durch diese Wärmemenge um einen Thermometergrad erwärmt werden können und indem man gleichzeitig diejenige Wärmemenge, welche erforderlich ist, die Temperatur eines Gewichtsteils Wasser um einen Grad zu erhöhen, eine Wärmeeinheit nennt, sagt man, der absolute Wärmeeffekt eines Stoffes sei 2000, 3000, 4000 Wärmeeinheiten, je nachdem 2000, 3000, 4000 Gewichtsteile Wasser durch die bei der Verbrennung eines Gewichtsteils dieses Stoffs entwickelte Wärme um einen Grad erwärmt werden können. Auf diese Weise ist der absolute Wärmeeffekt des reinen Kohlenstoffs bei seiner Verbrennung zu Kohlensäure zu 8080 und der des Wasserstoffgases, welches bei seiner Verbrennung, d. h. also bei seiner Verbindung mit dem in der Luft enthaltenen Sauerstoffgase, Wasser bildet zu 34412 Wärmeeinheiten bestimmt worden.

Die Ausführung derartiger Untersuchungen ist jedoch mit so grossen Schwierigkeiten verbunden und sind zu denselben so komplizierte Apparate erforderlich, dass dieselben im praktischen Leben zur Wertbestimmung der Brennmaterialien keine Anwendung finden können; wohl aber wird es möglich sein, den absoluten Wärmeeffekt solcher Brennmaterialien, deren chemische Zusammensetzung bekannt ist, annähernd wenigstens zu berechnen, wenn wir gleichzeitig die Wärmeeffekte ihrer Bestandteile kennen.

Es ist z. B. einleuchtend, dass der absolute Wärmeeffekt eines aus 85 Prozent Kohlenstoff und 15 Prozent Wasserstoff gemengten Brennmaterials sich zu

$$0{,}85 \; . \; 8080 + 0{,}15 \; . \; 34412 = 12037 \text{ W.-E.}$$

ergeben würde oder mit andern Worten: die bei der Verbrennung eines Kilo dieses Brennstoffes erzeugte Wärme würde genügen, 12037 kg Wasser um 1^0, oder 1203,7 kg Wasser um 10^0 oder endlich 120,37 kg Wasser um 100^0 zu erwärmen.

Betrachten wir nun die ins Auge gefassten Brennmaterialien, das Holz, den Torf, die Braun- und Steinkohlen und die Koks in Bezug auf ihre Bestandteile, so finden wir in denselben zunächst einen verbrennlichen und einen unverbrennlichen Teil, welcher letztere nach der Verbrennung als Asche zurückbleibt, sowie endlich Wasser, welches während der Verbrennung verdampft.

Der verbrennliche Teil zeigt sich bei den ersten vier der genannten Brennmaterialien aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzt und zwar ist der Kohlenstoff in relativ um so bedeutender Menge vorhanden, je älter das betreffende Brennmaterial ist. Wie wir gesehen haben, sind Torf, Braun- und Steinkohlen die Produkte chemischer Umwandlung von Pflanzenteilen; es ist aber der Vorgang bei dieser Zersetzung kein anderer, als dass der in der ursprünglichen

Holzfaser enthaltene Sauerstoff und Wasserstoff mit einem Teile des Kohlenstoffs ganz allmählich zu neuen, flüchtigen Verbindungen zusammentreten, der erstere Kohlensäure, der letztere brennbares Kohlenwasserstoffgas, sogenanntes Sumpfgas, bildend, welche entweichen und eine mehr und mehr kohlenstoffreiche Substanz zurücklassen.

Von der Ausscheidung dieses brennbaren Gases kann man sich überzeugen, wenn man in sumpfigen Gewässern, auf deren Grunde dieser Prozess stets vor sich geht, aufsteigende Gasblasen mittels einer wassergefüllten Flasche auffängt und entzündet. — Der verbrennliche Teil der Koks, welche ja auf künstlichem Wege von allen flüchtigen Bestandteilen befreit sind, besteht aus reinem Kohlenstoff.

Die Anzahl der brennbaren Materien in den Brennstoffen ist hiernach eine sehr geringe und wird daher die Berechnung des Wärmeeffekts eine möglichst einfache. Man würde von der dem Kohlenstoff und dem Wasserstoffgehalte entsprechenden Wärmemenge nur diejenige abzuziehen haben, welche zur Verdampfung des in dem Brennmaterial vorhandenen Wassers erforderlich ist, vorausgesetzt, dass man den Sauerstoffgehalt vernachlässigen könnte. Was nun aber den letzteren anlangt, so verhält sich derselbe gerade so, als sei er mit der entsprechenden Menge Wasserstoff gleichsam zu festem Wasser verbunden in dem Brennmaterial enthalten. Es ist also ein hoher Sauerstoffgehalt nicht nur ein unnützer Ballast, weil er selbst keine Wärme zu liefern vermag; er ist sogar geradezu schädlich, insofern durch ihn ein Teil des so hochwertigen Wasserstoffs unwirksam gemacht wird. In Wasser ist nun der Sauerstoff stets mit dem achten Teile seines Gewichtes Wasserstoff verbunden und muss man daher bei der Wertbestimmung eines Brennmaterials den Wasserstoffgehalt um $^1/_8$ des Sauerstoffs vermindern und dagegen $^9/_8$ des letzteren als festes Wasser in die Rechnung einführen. Wenn wir nun noch wissen, dass zur Verdampfung eines Kilo festen Wassers von 0^0 637 Wärmeeinheiten, eines Kilo flüssigen Wassers aber deren 537 erforderlich sind, so sind wir im Besitze aller Angaben, deren wir bedürfen, den absoluten Wärmeeffekt der bis jetzt ins Auge gefassten Brennstoffe aus ihrer chemischen Zusammensetzung zu berechnen.

Was nun zunächst die chemische Zusammensetzung des Holzes anbetrifft, so ist diese bei allen den verschiedenen Holzarten nahezu dieselbe. Unterschiede zeigen jene uns in der Zusammensetzung gewisser Bestandteile des Saftes, deren Menge im Verhältnis zur Holzfaser selbst jedoch so gering ist, dass sie auf die Heizbarkeit keinen Einfluss ausüben. Sauerstoff und Wasserstoff sind im Holze genau in dem Verhältnisse vorhanden, in welchem sie Wasser bilden; der Aschengehalt, etwa 1 bis $1^1/_2$ Prozent ist äusserst gering.

Bei weitem grösser und einflussreicher ist der Wassergehalt der Hölzer; doch ist derselbe auch bei lebendigem Holze nicht zu allen Zeiten derselbe, grösser während des Safttriebes, geringer in der Stillstandsperiode, und das Holz sollte daher immer nur in der letzteren geschlagen werden. Ausser diesen von der Vegetationsperiode bedingten Abweichungen zeigen die verschiedenen Holzarten unter sich noch grosse Unterschiede in ihrem Wasser- oder Saftgehalte, wie das aus den von Schübler angestellten Versuchen hervorgeht. Es enthielten

folgende frisch gefällte Hölzer Wasser: Hainbuche 18,6 Prozent, Ahorn 27,0 Prozent, Eiche 34,7 Prozent, Kiefer 38,7 Prozent, Rotbuche 39,7 Prozent, Erle 41,7 Prozent, Espe 43,7 Prozent, Rottanne 45,2 Prozent, Linde 47,1 Prozent, Ital. Pappel 48,2 Prozent, Lärche 48,6 Prozent, Schwarzpappel 51,8 Prozent. Hiernach enthalten also selbst unsere gebräuchlichsten Brennhölzer mehr als das Drittel (Eiche, Rotbuche) bis zur Hälfte (Schwarzpappel) Wasser, wovon sie jedoch beim Aufbewahren an der Luft, gegen Regen geschützt, eine durch die Temperatur und den relativen Feuchtigkeitszustand der Luft bedingten Anteil verlieren. Da die Luft niemals absolut trocken ist, und da das Holz infolge seiner porösen Beschaffenheit stets viel Luft enthält, so geht hieraus hervor, dass es beim Liegen an der Luft niemals vollkommen trocken werden kann. Bei jeder bestimmten Temperatur, z. B. der mittleren eines Monats oder eines Vierteljahres, wird sich also ein Gleichgewichtszustand einstellen, wo das Holz an die Luft Wasser nicht mehr abgibt, und in diesem Zustande nennen wir es lufttrocken, ohne dass jedoch hiermit ein bestimmter Wassergehalt bezeichnet würde, und Brennhölzer die 10 bis 12 Monate an der Luft gelegen haben, enthalten immer noch 20 bis 25 Prozent Wasser.

Im gewöhnlichen Leben unterscheidet man harte und weiche Hölzer; die ersteren, wozu man Eichen-, Rot- und Weissbuchen-, Birken- und Erlenholz rechnet, haben engere und dichter zusammenliegende Gefässe, umfassen also bei gleichem Umfange mehr feste Holzteile, als die weichen, unter welche man Kiefer, Tanne, Fichte, Linde u. s. w. zählt. Hierin und in ihrem verschiedenen Wassergehalte liegt der hauptsächlichste Unterschied ihres Werts als Brennmaterial, und die Erfahrung zeigt, dass bei gleicher Trockenheit und bei gleichem Gewichte sämtliche Holzarten beinahe dieselbe Heizkraft besitzen, wie dies nach den obigen Auseinandersetzungen mit Rücksicht auf die übereinstimmende chemische Zusammensetzung nicht anders zu erwarten ist. Geflösstes Holz aber enthält infolge des Verlustes an auflösslichen brennbaren Bestandteilen während seines Verweilens in Wasser etwas weniger an Brennstoff, als ungeflösstes; nach den von Werneck angestellten Versuchen beträgt der hierbei stattfindende Verlust etwa 16 kg pro Kubikmeter.

Durch die Zerkleinerung des Holzes wird, infolge der hierdurch bewirkten Vergrösserung der Oberfläche, die vollkommene Verbrennung desselben ausserordentlich begünstigt. Die brennbaren Gase, die sich beim Erhitzen aus dem Innern des Holzes entwickeln, finden also bei ihrem Hervortreten an die Oberflächen eine weit grössere Menge der zu ihrer Verbrennung nötigen Luft vor, als bei dickern Stücken, die wohl grössere Mengen von Gas ausgeben, welches jedoch nicht die zu seiner augenblicklichen Verbrennung hinreichende Menge Sauerstoff vorfindet, und daher zum grossen Teil unverbrannt entweicht. Mit Rücksicht auf die durch die Zerkleinerung eintretende Volumvergrösserung des Holzes, hat dieselbe jedoch auch ihre Grenzen, die nicht überschritten werden dürfen; weil, wenn man hierin zu weit gehen wollte, die Verbrennung zu rasch von statten gehen und hierdurch zwar augenblicklich eine sehr hohe, aber auch sehr bald vorübergehende Temperatur entstehen würde; um dies zu vermeiden, würde man sehr oft neue Mengen Brennmaterials

auflegen müssen, was sicher nur auf Kosten des regelmässigen Ganges des Ofens geschehen könnte. Uebrigens ist auch der Grad der notwendigen Zerteilung von der Grösse des Feuerherds abhängig, so dass um so gröbere Stücken angewendet werden dürfen je grösser jener ist.

Einen entschiedenen Einfluss auf die Beschaffenheit des Holzes üben die klimatischen und Bodenverhältnisse aus, unter welchen das Holz wächst, so dass auf einem trocknen Terrain und in einem der Vegetation im allgemeinen weniger zusagenden Klima gewachsenes Holz eine grössere Dichtigkeit (spezifisches Gewicht) zeigt, also in sich selber dichter ist, als solches in feuchtem Boden in einem warmen Klima gewachsenes. Es gilt daher, besonders für die Glasfabriken als Regel, womöglich nur solches Holz zu gebrauchen, welches auf Bergen in trocknem Boden gewachsen ist.

Die reine Holzfaser hat ein grösseres spezifisches Gewicht als Wasser; je grösser sich das spezifische Gewicht eines Holzes zeigt, um so weniger Wasser und Luft, die beide das spezifische Gewicht des Holzes herabdrücken, enthält daher auch dasselbe, d. h. um so mehr finden sich die festen Teile genähert, und um so kleiner und weniger zahlreich sind seine mit Luft oder Saft angefüllten Poren.

Daher kann das spezifische Gewicht eines Holzes schon von vornherein ein ganz brauchbares Zeichen zur Beurteilung seiner Leistungsfähigkeit, alle sonstigen Umstände als gleich vorausgesetzt, abgeben, wobei jedoch zu bemerken ist, dass diese Bestimmungen, wenn sie zu brauchbaren Resultaten führen sollen, mit womöglich vollkommenen trocknem Holze vorgenommen werden müssen. Auf solche Weise hat man für die spezifischen Gewichte nachbenannter Holzarten folgende Zahlen erhalten: Eiche 0,663, Rotbuche 0,542, Hainbuche 0,770, Lärche 0,473, Kiefer 0,420, Birke 0,570, Tanne 0,403, Fichte 0,384, Linde 0,348, italienische Papel 0,440.

Der Torf ist ein Aggregat von durcheinandergewebten, verfilzten, mehr oder weniger komprimierten und zersetzten Pflanzenteilen. Hauptsächlich unterscheidet man Schwamm- oder Filztorfe und Reife Torfe, mit vielen Unterabteilen beider Arten, deren verbrennlicher Teil je nach dem Alter des Torfs und der mehr und mehr fortgeschrittenen Zersetzung der ursprünglichen Pflanzenfaser eine sehr verschiedenartige Zusammensetzung hat; ebenso schwankt auch der Aschen- und Feuchtigkeitsgehalt zwischen den weitesten Grenzen. Während es nämlich Torfsorten gibt, welche bei einem Feuchtigkeitsgehalte von 20 bis 25 Prozent nur 20 Prozent Asche enthalten, liefern andere selbst 30 des letzeren bei 30 bis 40 Prozent Wasser.

Was die Leistungsfähigkeit des Torfs als Brennmaterial betrifft, so sind die dichten Arten, besonders wenn sie zugleich nur wenig Asche liefern, zur Erzeugung hoher Hitzgrade die besten. Um den Torf überhaupt für diesen Zweck noch geeigneter zu machen, hat man ihn in der neuern Zeit, nach einem vorgängigen Trocknen bis auf einen gewissen Grad, durch starkes Zusammenpressen auf ein kleineres Volum gebracht, und auf die Weise behandelter Torf vertritt in vielen Fällen vorteilhaft in den Glasfabriken die Stelle des Holzes oder der Steinkohle. Weil aber der so gewonnene dichte Torf stets viel Teer u. s w.

bildet, so ist man auch hierbei noch nicht stehen geblieben, sondern verwandelt denselben ganz auf die Weise wie die Steinkohlen in Koks.

Die Braunkohle bietet ebenfalls eine lange Reihe der verschiedenartigsten Formen und Mittelglieder, so dass, während die eine Art dem Torfe noch nahe steht und erdig ist, die andere selbst ein anthracitisches Ansehen zeigt; sehr häufig aber auch bewahrt die Braunkohle noch eine vollkommen organische Struktur, so dass es oft sogar möglich ist aus dieser die Pflanzenspezies zu erkennen, aus welcher die Braunkohle entstanden ist. Von der Steinkohle unterscheidet sie sich auch dadurch, dass sie bei der trocknen Destillation entweder als Pulver oder in Stücken von der Gestalt der angewendeten Kohle zurückbleibt, und dass sie, mit Kali- oder Natronlauge behandelt, diese bald mehr bald weniger dunkelbraun färbt, was die Steinkohle entweder gar nicht oder doch nur in geringem Grade thut.

Ihrem nach der Form und den Lagerverhältnissen so verschiedenem Vorkommen entspricht auch ihr Gehalt an Kohlenstoff und anderseits an Asche, so dass ersterer zwischen 45 und 80 Prozent, letzterer zwischen 1 und 50 Prozent wechselt; ebenso verschieden ist auch ihr Wassergehalt, der bei den frisch aus der Grube geförderten bis auf 48 Prozent steigt. Längere Zeit geförderte, trocken aufgespeicherte Kohlen enthalten bis zu 30 Prozent Wasser; der warmen Sommerluft ausgesetzt, 20 Prozent. Die vollkommen getrockneten Kohlen, wobei starke Volumverminderung eintritt, ziehen an freier Luft wieder bis zu 8 Prozent Wasser an.

Die festen Braunkohlen verbrennen mit langer, die erdigen mit kurzer Flamme, so dass erstere sich für den Glashüttenbetrieb besser eignen als die letztern. Wie den Torf, hat man auch die Braunkohle durch Zusammenpressen wie durch Verkoksen mit grossem Vorteil in intensivere Brennstoffe verwandelt.

Die verschiedenen Formen der Steinkohle, die Pech- und Russkohlen, die Back-, Sinter- und Sandkohlen, die Flamm- und die Gaskohlen u. s. w. repräsentieren ebenso viele Verschiedenheiten in der Zusammensetzung dieser Materialien, obschon namentlich im Kohlenstoffgehalte nicht so grosse Unterschiede, wie bei den Braunkohlen vorkommen; als Maximum lassen sich 96 Prozent, als Minimum 63 Prozent annehmen; meistens hält er sich jedoch zwischen 80 und 90 Prozent. Mit dem steigenden Kohlenstoffgehalte geht die Farbe aus dem Braunen mehr ins Tiefschwarze, und der Glanz aus dem Pech- in den Glasglanz über; die kohlenstoffreicheren Sorten sind aber in der Regel weniger fest als die mit geringerm Kohlenstoffgehalte. Lufttrockne Steinkohle enthält etwa 5 Prozent Wasser bei einem Aschengehalt von 1 bis 30 Prozent.

Der Anthracit, der älteste der fossilen Brennstoffe, gehört dem Uebergangsgebirge an, und ist aus der Steinkohle wahrscheinlich durch Einwirkung plutonischer Massen auf diese entstanden, ganz ähnlich wie wir die Braunkohle unter den gleichen Verhältnissen in steinkohlenähnliche Masse verwandelt sehen.

Die Anthracite sind vollkommen strukturlos, schwarz von lebhaftem Glasglanz, stark farbenspielend, von scharfem muschligen Bruche. Sie treten, ihrem Verhalten nach, aus der Reihe der eigentlichen Brennstoffe heraus, indem sie nur durch den stärksten Zug im Brennen zu

erhalten sind. Ihr Kohlenstoffgehalt fällt in noch engere Grenzen, als der der Steinkohle; er wechselt bei den bis jetzt untersuchten Arten nur zwischen 87 und 94 Prozent; ebenso verhält es sich mit der Asche, die sie beim Verbrennen hinterlassen, indem sie nur 1 bis etwa $4^1/_2$ Prozent Asche liefern.

Ausser diesen unmittelbar von der Natur gelieferten Brennstoffen finden in der neuern Zeit auch die Koks, und gewiss mit Recht, Anwendung in der Glasfabrikation. Sie zeigen ein dem Anthracit ähnliches Verhalten und können daher ebenso wie dieser verwendet werden.

Gewonnen werden sie bekanntlich aus gewissen Steinkohlensorten, welche bei möglichstem Abschlusse der Luft einer starken Erhitzung unterworfen werden, hierbei eine Art Schmelzung erleiden und unter Entwickelung bedeutender Mengen flüchtiger Produkte in die mehr oder weniger dichten, fast metallglänzenden Koks übergehen. Ihr verbrennlicher Teil besteht demzufolge aus reinem Kohlenstoff, während sie gewöhnlich 10 Prozent Wasser enthalten und ihr Aschengehalt von 3 bis 40 Prozent variieren kann.

Es würde uns zu weit führen, wollten wir hier auf die spezielle Zusammsetzung aller dieser verschiedenen Qualitäten näher eingehen und müssen wir uns daher begnügen für jede Klasse der besprochenen Brennstoffe den absoluten Wärmeeffekt für eine Sorte mittlerer Beschaffenheit anzuführen. Hiernach beträgt jener:

Für weiches Holz etwa	2800	W.-E.
„ hartes	2800	„
„ Torf	3000	„
„ erdige Braunkohle	2600	„
„ böhmische Braunkohle	4750	„
„ Pechkohle	6000	„
„ westfälische Steinkohle	7450	„
„ Koks	6200	„

Es ist oben angeführt worden, dass ein brennbarer Körper, unter denselben Umständen verbrennend, stets dieselbe Menge von Wärme entwickelt; hieraus darf man jedoch nicht schliessen, dass durch eine und dieselbe Menge Wärme jeder andere Körper auf dieselbe Temperatur erhitzt werden könne; im Gegenteil ist die Menge von Wärme, die ein bestimmtes Gewicht eines andern Körpers bedarf, um auf dieselbe Temperatur gebracht zu werden, oder was dasselbe ist, sind die Gewichte der Körper, die durch dieselbe Menge Wärme die gleiche Temperaturerhöhung erfahren, bei den verschiedenen Körpern verschieden.

So steigert z. B. die Wärmemenge, vermittelst welcher sich die Temperatur eines bestimmten Gewichts Wasser um 1 Grad erhöhen lässt, die Temperatur eines gleichen Gewichts Quecksilber um 30 Grad; oder: die Wärmemenge, welche erforderlich ist ein gewisses Gewicht Wasser um 1 Grad zu erwärmen, reicht auch hin um das 30fache Gewicht Quecksilber um 1 Grad zu erwärmen. Diese ungleich grosse Wärmemengen, deren gleichgrosse Gewichte der verschiedenen Körper, um die gleiche Temperaturerhöhung zu erfahren, bedürfen, bezeichnet man als spezifische Wärme.

Wie bei der Bestimmung der Wärmeeinheiten, geht man auch hier vom Wasser aus, indem man diejenige Wärmemenge als Einheit setzt, welche erforderlich ist, um ein bestimmtes Gewicht Wasser um 1^0 C. zu erwärmen; und hiermit vergleicht man, wieviel mal mehr oder weniger Wärme man gebraucht, um dasselbe Gewicht eines andern Körpers um ebenfalls 1^0 C. zu erwärmen.

Um nun auch den pyrometrischen Wärmeeffekt eines Brennmaterials, dessen absoluter Wärmeeffekt bekannt ist, zu berechnen, verfährt man folgendermassen: Die bei der Verbrennung des Kohlenstoffs z. B. erzeugten 8080 W.-E. werden unter gewöhnlichen Verhältnissen auf die sich bildenden Verbrennungsprodukte übertragen werden, deren Menge, da der Kohlenstoff mit dem $2^2/_3$ fachen seines Gewichtes Sauerstoff zu Kohlensäure sich verbindet, die Luft aber auf 23 Gewichtsprozente Sauerstoff 77 Prozent Stickstoff enthält, zu

$$1 + 2{,}66 = 3{,}66 \text{ Gewichtsteilen Kohlensäure}$$

$$+ \frac{2{,}66 \,.\, 77}{23} = 8{,}93 \text{ Stickstoff,}$$

in Summa also zu $3{,}66 + 8{,}93 = 12{,}59$ sich berechnet.

Nun ist aber die spezifische Wärme der Kohlensäure $= 0{,}216$ und die des Stickstoffs $= 0{,}244$, d. h. nach der oben gegebenen Erklärung: ein Gewichtsteil Kohlensäure bedarf 0,216 W.-E. zur Temperaturerhöhung um 1^0 und ein Gewichtsteil Stickstoff verlangt zu demselben Ende 0,244 W.-E. Die im angezogenen Beispiel gebildeten Verbrennungsprodukte werden sonach

$$3{,}66 \,.\, 0{,}216 + 8{,}93 \,.\, 0{,}244 = 2{,}98 \text{ W.-E.}$$

erfordern und es wird daher ihre ganze Masse, da überhaupt 8080 W.-E. erzeugt wurden, auf eine Temperatur von

$$\frac{8080}{2{,}98} = 2711^0$$

erhitzt werden, d. h. mit andern Worten: Es ist der pyrometrische Wärmeeffekt des Kohlenstoffs oder die bei seiner Verbrennung erzeugte Temperatur $= 2711^0$. Allgemein wird man daher auch für kompliziertere zusammengesetzte Materialien, deren Verbrennungsprodukte ausser Kohlensäure und Stickstoff noch Wasserdampf, Asche etc. enthalten, sagen können: Man erhält den pyrometrischen Wärmeeffekt eines Brennmaterials, indem man den absoluten Wärmeeffekt durch die Summe der Produkte aus den Gewichtsmengen der einzelnen Verbrennungsprodukte in ihre spezifischen Wärme dividiert.

So erhält man z. B. für

wasserfreies Holz	2136^0 C.
wasserfreien Torf	2258^0 „
wasserfreie Braunkohle	2363^0 „
Steinkohlen	2488^0 „
Koks	2479^0 „
Anthracit	2514^0 „

als die mit diesen Brennstoffen zu erzielenden höchsten Temperaturen.

In der Wirklichkeit trifft jedoch die Annahme, dass nur eben die zur Verbrennung nötige Luft zutrete, nicht ein, vielmehr geht aus den Untersuchungen von Peclet hervor, dass bei gewöhnlichen Feuerungen je nach der Natur des verwendeten Brennmaterials fast das Doppelte ja Dreifache des erforderlichen Luftquantums mit dem Brennstoff in Berührung komme, so dass die Temperatur bei Holzfeuerung oft kaum 1200° erreicht. Eine solche Temperatur wird aber zum Schmelzen des Glases kaum genügen und es folgt hieraus, wie wichtig die richtige Regulierung des Luftzutritts ist. Aber selbst bei grosser Sorgfalt in der Bedienung und bei vorzüglicher Anlage wird man in der Praxis die Luftzufuhr, will man anderseits nicht in den entgegengesetzten Fehler allzu unvollständiger Verbrennung verfallen, nicht unter das Zweifache des Erforderlichen beschränken können. Unter dieser Annahme aber würde die Verbrennungstemperatur des reinen Kohlenstoffs auf

$$\frac{8080}{2,98 + (2,66 + 8,93)\ 0,218} = 1448^0$$

zurückgehen und in ähnlichem Verhältnisse müssten daher auch die oben angeführten pyrometrischen Wärmeeffekte der übrigen Brennstoffe für die Praxis reduziert werden.

Die Menge der überhaupt zuzuführenden Luft hängt von der Natur des Brennmaterials ab, und lässt sich leicht berechnen. Für wasserfreies Buchenholz, welches, von den Aschebestandteilen abgesehen, in 100 g aus 48,53 g Kohlenstoff, 6,30 g Wasserstoff und 45,17 g Sauerstoff besteht, und daher 0,334 g überschüssigen Wasserstoff enthält, würden sich bei vollkommener Verbrennung folgende Zahlen ergeben:

48,53	g Kohlenstoff	erfordern	129,4	g Sauerstoff,
0,334	„ Wasserstoff	„	2,672	„ „
		im ganzen	132,072	g Sauerstoff.

Das spezifische Gewicht des Sauerstoffgases zu 1,106 angenommen, sind in 100 Gewichtsteilen atmosphärischer Luft 23,2 Gewichtsteile Sauerstoff enthalten, 132,072 g Sauerstoff erfordern daher 568,6 g = 0,397 cbm atmosphärischer Luft von 0° und 760 mm B.; für 1 kg jenes Holzes daher 3,970 cbm.

Um zu erfahren, wie gross an seiner engsten Stelle der Querschnitt sein müsse, den man z. B. einem 16 m hohen Schornstein zu geben habe, wenn er in einem Glasofen, der in 20 Stunden 3000 kg Glas schmelzt, dem während dieser Zeit zur Verbrennung nötigen Luftvolum den Durchgang verstatten soll, hat man zunächst zu berücksichtigen, dass sich das für 100 g wasserfreies Buchenholz gefundene Luftvolum, zu welchem noch 0,032 cbm für den sich bildenden Wasserdampf treten, so dass, also im ganzen 0,429 cbm vorhanden sind, wenn die Verbrennungsprodukte mit einer Temperatur von 400° in den Schornstein eintreten, auf

$$400 + 0,429\ .\ 0,00365 = 0,627 \text{ cbm},$$

da die Gase für jeden Grad, um welchen sie erwärmt werden, um das 0,00365 fache ihres Volums sich ausdehnen, anwächst, und dass bei

16 m Schornsteinhöhe und 400° Temperatur die Geschwindigkeit der in der Esse aufsteigenden Gasen 4 m pro Sekunde beträgt.

Man nimmt ziemlich allgemein an, dass in gewöhnlichen Oefen zum Schmelzen und Ausarbeiten von 1 kg Glas $8\frac{1}{2}$ kg Holz erfordert werden; auf 3000 kg Glas daher 25500 kg Holz; diese sollen in 20 Stunden vollständig verbrennen; es kommen also auf eine Stunde = 1275 kg Holz. 100 gHolz lieferten 0,627 cbm auf 400° erhöhte Verbrennungsprodukte, 1275 kg also

$$10 \cdot 1275 \cdot 0{,}627 = 7994{,}2 \text{ cbm.}$$

Um diese 7994,2 cbm bei einer Geschwindigkeit von 4 m pro Sekunde in einer Stunde durch den Schornstein abzuführen, muss derselbe also einen Querschnitt

$$F = \frac{7994{,}2}{60 \cdot 60 \cdot 4} = 0{,}555 \text{ qm}$$

erhalten.

Betrachten wir nun den Vorgang, welcher bei der Verbrennung eines Brennstoffes auf dem Roste stattfindet, so finden wir, dass jede neue, in die Feuerung eingeführte, Menge desselben zunächst soweit erwärmt werden wird, bis sie ihr hygroskopisches Wasser verloren hat, also trocken geworden ist. Bei weiterer Erwärmung erleidet das Brennmaterial eine derartige Zersetzung infolge seiner trocknen Destillation, dass der Wasserstoff als solcher sowohl wie in Verbindung mit Kohlenstoff als Kohlenwasserstoffgas und der Sauerstoff in Verbindung mit Kohlenstoff als Kohlenoxydgas und Kohlensäure entweicht und die verkohlte oder verkokte Substanz auf dem Roste zurückbleibt, deren Kohlenstoff dann in der dritten Periode unter Entwickelung stärkerer Glut, Kohlensäure liefernd, verbrennt.

Wasserstoff, Kohlenwasserstoff und Kohlenoxyd sind brennbare Gase; in der zweiten Periode wird also infolge der Verbrennung dieser Gase eine kürzere oder längere Flamme entstehen, während in der dritten Periode die Verbrennung nur Glut, keine Flamme erzeugt.

Dieser Umstand, dass nämlich die festen Brennstoffe durch trockne Destillation bezüglich ihres Aggregatzustandes in zwei Körper von verschiedener Beschaffenheit, nämlich in einen gasförmigen und in einen festen verwandelt werden, deren jeder zu seiner vollständigen Verbrennung gleichzeitig verschiedene, aber genau bestimmte Menge atmosphärischer Luft bedarf, hat der Lösung des Problems, Heizapparate zu bauen, die unter den verschiedenen Umständen konstante Resultate liefern, lange Zeit die grössten Schwierigkeiten entgegengesetzt und erst der neuesten Zeit sollte es vorbehalten sein, dieselbe in der sogenannten Gasfeuerung zu finden.

Gasfeuerung.

Denkt man sich bei der Verbrennung auf dem Roste und zwar während der oben besprochenen dritten Periode die glühende Brennmaterialschicht so verstärkt, dass der Sauerstoffgehalt der durch die Oeffnungen des Rostes zuströmenden Luft bereits in den dem Roste zunächst gelegenen Partien glühender Kohle derart verbraucht wird, dass nur ein Gemenge von Stickstoff und Kohlensäure die oberen Partien des glühenden Brennstoffs durchströmt, so findet hier zwischen dem letztern und der Kohlensäure eine Wechselwirkung statt, infolge deren die aus einem Aequivalente Kohlenstoff und zwei Aequivalenten Sauerstoff bestehende Kohlensäure ein zweites Aequivalent Kohlenstoff aufnimmt, sich zu Kohlenoxydgas reduzierend und zwar nach der einfachen Gleichung

$$CO_2 + C = 2CO.$$

Es entsteht somit ein Gemenge von Stickstoff und brennbarem Kohlenoxydgase, welches jedoch, da freier Sauerstoff die starke Brennstoffschicht nicht zu durchdringen vermag, nicht verbrennen kann, welches man also zu sammeln, an bestimmte Orte zu führen, und dessen Verbrennungsprozess man hier durch geeignete Luftzufuhr einzuleiten und zu regulieren vermag.

Das wesentlich Charakteristische der Gasfeuerung gegenüber der Rostfeuerung ist daher, dass bei dieser dem Brennmaterial die Verbrennungsluft nur an einer Stelle, durch die Oeffnungen des Rostes, zugeführt wird, während bei jener diese Luftzuführung an zwei verschiedenen Stellen, durch den Rost und in dem Verbrennungsraum der Gase, stattfindet.

Wenn von einem erhitzten Körper die Wärme an einen andern, kältern, übertragen werden soll, so geschieht dies bekanntlich um so schneller, je grösser die Temperaturdifferenz zwischen beiden ist; da nun, wie wir nachweisen werden, die Gasfeuerung das Mittel ist, dem Verbrennungsprodukte die grösstmögliche Temperatur zu erteilen, so ist sie auch eine Quelle von Brennstoffersparung, weil der zu erwärmende Körper eine verhältnismässig kürzere Zeit mit dem Verbrennungsprodukte in Berührung zu sein braucht, um die erforderliche Temperatur zu erlangen. Die höhere Temperatur ermöglicht ferner dem Glasfabrikanten das Verschmelzen härterer, daher billigerer Gemenge und es gewährt ausserdem die Gasfeuerung eine gänzlich rauchfreie Verbrennung, was für viele technische Zwecke, namentlich auch für die Glasfabrikation von nicht zu unterschätzendem Werte ist.

Trotz dieser bedeutenden Vorteile und der verhältnismässig leicht durchführbaren Vergasung der festen Brennstoffe hat man erst spät angefangen der Gasfeuerung sich zu bedienen und selbst da, wo, wie bei der Roheisenerzeugung, grosse Mengen brennbarer Gase als Nebenprodukt sich gewissermassen freiwillig darboten, liess man sie lange Zeit völlig unbenutzt. Die zur Darstellung des Roheisens dienenden Apparate, die Hochöfen, enthalten bekanntlich eine aus Brennstoff (Holzkohlen oder Koks), erzen- und schlackenbildenden Zuschlägen in ab-

wechselnden Lagen aufgeschichtete 10 bis 20 m hohe und höhere Beschickungssäule; in den untern Partien dieser Oefen, dem Schmelzraume, gelangt unter Mitwirkung eines Gebläses der Brennstoff zur Verbrennung, die gebildete Kohlensäure wird, aufsteigend, in Berührung mit den oberen, glühenden Brennstoffschichten zu Kohlenoxydgas reduziert, das letztere tritt, gemengt mit dem Stickstoff der eingeblasenen Luft an der Gichtöffnung aus dem Ofen und gelangt hier zur Verbrennung. Der französische Hütteningenieur Aubertot scheint der erste gewesen zu sein, welcher ums Jahr 1810 diese Gase zum Kalkbrennen, zum Rösten der Erze u. s. w. benutzt hat; aber obschon diese Versuche förmliche Sensation unter den Hüttentechnikern hervorriefen, kann doch erst als bedeutsamer Fortschritt in der Verwendung jener Gase die im Jahre 1837 von Faber du Faur in Wasseralfingen eingeführte Verwendung derselben zur Erhitzung des Gebläsewindes, zum Puddeln und Schweissen des Eisens u. s. w. angesehen werden.

Unzuträglichkeiten im Gange der ihrer Gase anfänglich in unzweckmässiger Weise beraubten Hohöfen, die Beschränkung des Vorkommens der Gichtgase auf die Hohofenanlagen, endlich aber auch das Streben, wertlose, auf Rosten nicht verwendbare Brennstoffabfälle, namentlich Holzkohlenklein, Koksabfälle, Torf etc. durch den Vergasungsprozess nutzbar zu machen, veranlassten in den Jahren 1839 und 1840 den Hüttenmeister Bischof in Mägdesprung am Harze einerseits, wie österreichische Hüttenleute in Tirol und Steiermark andrerseits, Heizversuche mit zu diesem Zwecke besonders erzeugten Gasen anzustellen.

Anfänglich begegneten diese Versuche bedeutenden Schwierigkeiten, welche namentlich in häufigen Explosionen gipfelten; wie man aber diese allmählich vermeiden lernte und mehr und mehr die grossen Vorzüge der Gasfeuerung erkannte, ging man dazu über, auch die besten Brennmaterialien, wo sie sich darboten, dem Vergasungsprozesse zu unterwerfen und heute ist die Gasfeuerung für die meisten Industriezweige, namentlich aber auch für die Glasfabrikation von der weittragendsten Bedeutung geworden.

Während wir uns vorbehalten, über die Apparate, in welchen diese Heizgase erzeugt werden, über die Gasgeneratoren, bei Besprechung der Oefen das Nötige nachzuholen, erübrigt uns an dieser Stelle, noch einiges über die Zusammensetzung und die Heizeffekte der Generatorgase selbst hinzuzufügen.

Nach den oben gegebenen allgemeinen Andeutungen über die Bildung dieser Gase, geht die letztere in der Weise vor sich, dass in einem nach unten durch einen Rost abgeschlossenen Raume die Brennstoffe verhältnismässig hoch aufgeschichtet werden, wobei dann die unmittelbar über dem Roste durch die energische Verbrennung gebildete Kohlensäure in den höher gelegenen Partien glühenden Brennstoffes durch Kohlenstoffaufnahme in brennbares Kohlenoxyd übergeführt wird.

Bleiben wir zunächst bei diesem einfachen Vorgange, der aber, wenn möglichst reiner Kohlenstoff, also Koks oder Holzkohle in dem Generator vergast wird, den Verhältnissen der Praxis ziemlich genau entspricht, stehen, so ergibt sich für die Zusammensetzung der entstandenen Gase folgendes:

1 cbm Sauerstoffgas *(O)*, in welchem Kohlenstoff *(C)* zu Kohlensäure *(CO_2)* verbrennt, nimmt 0,536 kg des letzteren auf und bildet damit wieder 1 cbm Kohlensäuregas, welches 0,427 Wärmeeinheiten bedarf zur Erhöhung seiner Temperatur um 1° C. Gleichzeitig sind aber pro Kubikmeter Sauerstoff 3,76 cbm Stickstoff in den Verbrennungsraum eingetreten und da 1 cbm Stickstoff durch 0,31 Wärmeeinheiten um 1° C erhitzt wird, so beansprucht die ganze gebildete Gasmenge

$$1 \,.\, 0{,}427 + 3{,}76 \,.\, 0{,}31 = 1{,}60 \text{ W.-E.}$$

für jeden Grad Temperaturerhöhung, während die zur Verbrennung gelangten 0,536 kg Kohlenstoff

$$0{,}536 \,.\, 8080 = 4331 \text{ W.-E.}$$

erzeugten. Die Temperaturerhöhung wird daher, wie dies früher bei Berechnung des pyrometrischen Wärmeeffekts des Kohlenstoffs bereits nachgewiesen wurde

$$\frac{4331}{1{,}60} = 2707^0 \text{ C.}$$

betragen. Indem die so hoch temperierten Gase in dem aufgeschichteten Brennstoff emporsteigen, wird dieser ebenso hoch erhitzt, gleichzeitig aber tritt die Reduktion der Kohlensäure zu Kohlenoxydgas ein.

Es ist bereits an einem früheren Orte angeführt worden, dass bei der Verbrennung von 1 kg Kohlenstoff (mit $1^1/_3$ kg Sauerstoff) zu ($2^1/_3$ kg) Kohlenoxydgas 2473 W.-E. erzeugt werden. Das Kohlenoxydgas aber liefert bei seiner Verbrennung zu Kohlensäure, wie durch Versuche festgestellt worden, pro Kilo 2403 W.-E., und es werden daher bei der Verbrennung jener $2^1/_3$ kg im ganzen $2^1/_3$. 2403 = 5607 W.-E. entwickelt werden. Der scheinbare Widerspruch, dass 1 kg Kohlenstoff zu Kohlenoxyd verbrennend 2473 W.-E. erzeugt, während dieselbe Menge Kohlenstoff, wenn sie, in Kohlenoxydgas enthalten, zu Kohlensäure verbrennt, 5607 W.-E. liefert, erklärt sich dadurch, dass im letzteren Falle der Kohlenstoff in Gasform vorhanden ist, während er im ersteren erst auf Kosten der bei der Verbrennung wirklich erzeugten Wärme in den gasförmigen Zustand übergeführt werden muss. Hierzu ist daher die Differenz 5607 — 2473 = 3134 W.-E. verbraucht worden und man nennt diese bei der Vergasung des festen Kohlenstoffs latent gewordene Wärme die Vergasungswärme des Kohlenstoffs. Es beträgt demnach die wirkliche Verbrennungswärme des letzteren 2 . 5607 = 11214 W.-E., von welchen jedoch 3134 W.-E. auf die Vergasung verwendet werden, während 8080 W.-E. = dem absoluten Wärmeeffekte als nutzbar restieren.

Wenn nun Kohlensäure, ein zweites Aequivalent Kohlenstoff aufnehmend, zu Kohlenoxydgas reduziert wird, so muss ebensoviel Wärme gebunden (latent) werden, d. h. für das Gefühl verloren gehen, als erzeugt würde sein, wenn dieselbe Menge Kohlenoxydgas zu Kohlensäure verbrannt worden wäre. 1 cbm Kohlensäure enthält 0,536 kg Kohlenstoff, eine gleiche Menge des letzteren wird daher aus dem glühenden Brennstoffe aufgenommen, um mit der Hälfte des in der Kohlensäure enthaltenen Sauerstoffs (0,5 cm) 1 cm Kohlenoxydgas zu bilden und

dieses würde bei seiner Verbrennung zu Kohlensäure dem Obigen zufolge

$$0{,}536 \;.\; 5607 = 3006 \text{ W.-E.}$$

erzeugen; eine gleiche Wärmemenge musste also im vorliegenden Falle latent werden. Andrerseits aber erzeugte das aufgenommene Aequivalent Kohlenstoff (0,536 kg) bei seiner Verbindung mit der halben Sauerstoffmenge der Kohlensäure, mit dieser Kohlenoxyd liefernd,

$$0{,}536 \;.\; 2473 = 1326 \text{ W.-E.},$$

welche dem Verluste zugute kommen, so dass dieser effektiv noch 3005 — 1326 = 1680 W.-E. beträgt.

Der im Generator aufsteigende Gasstrom enthielt auf jeden Kubikmeter Kohlensäure 3,76 cbm Stickstoff, und es waren diese 4,76 cbm gemischter Gase, die Träger von 4331 W.-E. Bei der Reduktion der Kohlensäure sind aus 1 cbm der letzteren 2 cbm Kohlenoxydgas, deren spezifische Wärme wie die des Stickstoff = 0,31 ist, entstanden; es enthalten somit nach der Reduktion die Generatorgase auf je 3,76 cbm Stickstoff 2 cbm Kohlenoxyd und gleichzeitig sind 1680 W.-E. latent geworden, so dass sich nunmehr die Temperatur der Gase zu

$$\frac{4331 - 1680}{(2 + 3{,}76)\,0{,}31} = \frac{2651}{1{,}785} = 1485^0 \text{ C.}$$

berechnet, gegen 2707^0 C vor der Reduktion.

Die Abkühlung infolge der letzteren ist somit eine sehr bedeutende und daher umgekehrt ein kühlerer Gang des Generators ein Zeichen vollkommener Reduktion, während ein heisser Gang eine unvollkommene Reduktion, d. h. einen bedeutenderen oder geringeren Gehalt der Gase an Kohlensäure, also einen Brennmaterialverlust und geringe Heizkraft der Gase anzeigt.

Die Reduktion selbst wird aber durch verschiedene Umstände rücksichtlich ihrer Vollständigkeit beeinflusst, namentlich durch die Dichte des Brennmaterials, durch dessen Qualität, Korngrösse und Schnitthöhe, sowie durch die Luftzufuhr.

Wie im vorstehenden skizziert, ist der Vergasungsprozess ein verhältnismässig einfacher. In der Praxis aber treten mehrfache Komplikationen ein, insofern die zur Verwendung gelangenden Brennstoffe, falls sie nicht vorher verkohlt waren, auch noch flüchtige Verbindungen und Wasser enthalten. Die frisch aufgegebenen Brennstoffmengen unterliegen daher auch im Generator zunächst dem Trocknen und in zweiter Linie einer trocknen Destillation, welche letztere man im Gegensatze zu dem bisher betrachteten Vergasungsprozess den Entgasungsprozess genannt hat. Hier werden also nicht allein Wasser verdampft und in den Brennstoffen fertig gebildet vorhandene Kohlenwasserstoffe z. B. Naphthalin und Paraffin (teerbildende Substanzen) verflüchtigt, es entstehen auch neue Verbindungen des Kohlenstoffs mit dem Wasserstoff z. B. das leichte Kohlenwasserstoffgas, Sumpfgas (CH_4) und das schwere Kohlenwasserstoffgas, ölbildendes Gas (C_2H_4), und zu dieser Bildung sowohl, wie zum Verdampfen des Wassers und der Verflüchtigung der teerbildenden Substanzen werden neue Wärmemengen konsumiert (latent); diese letzteren werden selbstverständlich je nach der Gattung des verwende-

ten Brennmaterials verschieden sein; so setzt dieselben z. B. Lürmann für Steinkohlen mit $33^1/_3$ Prozent Gasgehalt gleich dem dritten Teile der Verflüchtigungswärme des Kohlenstoffs, also rund gleich 1000 W.-E. während er auf die Vorwärmung der Kohlen 300 W.-E. rechnet. Steht der Generator nicht unmittelbar mit dem Verbrennungsraume in Verbindung, haben also die Gase von jenem bis zum Ofen einen gewissen Weg in Rohrleitungen oder Kanälen zurückzulegen, so ist dieser Wärmeverlust um so weniger von Bedeutung, als die Gase auf diesem Wege einer um so grösseren Abkühlung unterworfen sind, mit je grösserer Anfangstemperatur sie in die Leitungen eintreten und mit je geringerer Geschwindigkeit sie die letzteren passieren. Diese Abkühlung kann, je nach den obwaltenden Verhältnissen nach Bunte auf 50 bis 75° C. für jeden laufenden Meter der Leitungen veranschlagt werden. Ein möglichst kühler Gang des Generators ist daher in diesem Falle schon deshalb vorteilhaft, weil die Bedienung des letzteren eine leichtere wird und Mauerwerk, Armaturen, Ventile, Wechselklappen u. s. w. weniger schädlichen Einflüssen ausgesetzt sind. In welcher Weise der hierdurch unvermeidlich herbeigeführte Wärmeverlust ausgeglichen werden kann, werden wir bei Besprechung der sogenannten regenerativen Gasfeuerung zu erörtern haben. Steht hingegen der Generator mit dem Ofen in unmittelbarer Verbindung, so wird es unter Umständen nützlicher sein, jeden unnötigen Wärmeverlust zu vermeiden, und werden wir im weiteren Verfolge Generatoren kennen lernen, bei welchen der Entgasungsraum von dem Vergasungsraume gänzlich getrennt ist, derart, dass in dem ersteren die Entgasung nicht auf Kosten der Wärme des Generators, sondern durch die Abhitze des Ofens bewirkt wird.

Von den Einflüssen des Wassers auf den Generatorprozess haben wir bisher nur des Wärmeverlustes gedacht, welcher durch die Verdampfung des mit dem feuchten Brennmaterial in den Generator gelangten Wassers bedingt wird. Diese Verdampfung findet in den oberen, kühleren Teilen des Generators und in der Regel bei einer Temperatur statt, in welcher der Wasserdampf nicht mehr in chemische Wechselwirkung zu dem Kohlenstoff zu treten vermag. Wasserdampf aber, welcher als solcher oder als Feuchtigkeitsgehalt der Luft durch den Rost in den Generator eintritt, kommt, in dem letzteren aufsteigend, in dessen heissesten Regionen mit glühendem Kohlenstoff in Berührung, welcher seinerseits in der Weise zerlegend auf den Wasserdampf einwirkt, dass er mit dessen Sauerstoff zu Kohlenoxydgas sich verbindet, während der Wasserstoff frei wird. Freilich wird bei dieser Zersetzung des Wassers ebensoviel Wärme gebunden, als bei der späteren Verbrennung der erzeugten brennbaren Gase wieder erzielt wird, so dass also ein wirklicher Gewinn an Wärme nicht stattfindet; es wird im Gegenteil ein Wärmeverlust eintreten, da das aus der Verbrennung jener Gase wieder resultierende Wasser auf die Temperatur gebracht werden musste, mit welcher die Abhitze des Ofens in die Esse geht und dieser Verlust ist um so beträchtlicher, da die spezifische und die latente Wärme des Wasserdampfes verhältnismässig hoch ist. Vorteilhaft aber kann diese Wasserzersetzung dennoch in dem oben bereits erwähnten Falle werden, wenn ein heissgehender Generator soweit vom Ofen entfernt liegt, dass die Gase sehr abgekühlt zur Verbrennung gelangen.

Die hierbei in den Gasleitungen durch Transmission verloren gehende Wärme kann durch die Wasserzersetzung im Generator latent und später bei der Verbrennung wiedergewonnen werden, wozu dann noch, wie oben, der erzielte kühlere Generatorgang als Gewinn hinzuzurechnen ist. Diese Vergasung des Kohlenstoffs durch Wasserdampf liefert ausserdem ein reineres Gas von grösserem Wärmeeffekt als die Vergasung durch Luft, da bei letzterer stets ein Gemenge von Kohlenoxydgas mit Stickstoff, bei jener ein solches von Kohlenoxydgas mit Wasserstoffgas entsteht. Andrerseits ist allerdings auch zu berücksichtigen dass die Zersetzung des Wasserdampfes durch den Kohlenstoff auch noch bei einer Temperatur stattfindet, in welcher zwar der freiwerdende Sauerstoff mit jenem wohl noch zu Kohlensäure zusammenzutreten, letztere aber in Berührung mit Kohlenstoff nicht mehr zu Kohlenoxydgas sich zu reduzieren vermag, so dass unter Umständen unter Brennstoffverlust ein kohlesäurereiches Gas resultieren kann. Den Einfluss, welchen die Vergasung unter Zuführung von Wasserdampf auf die Zusammensetzung und die Temperatur der Generatorgase haben kann, berechnet Bunte für die Vergasung von Koks wie folgt

I.

Mit trockner Luft vergast

Wasserstoff	—	brennbare	Gase
Kohlenoxyd	34,71		
Kohlensäure	—	tote	
Stickstoff	65,29		
	100,00		

Temperatur: 1485° C.

II.

Mit Luft und Wasserdampf von 200° C. vergast

	(8,1 Prozent Wasserdampf).			(27,71 Prozent Wasserdampf)		
Wasserstoff	6,36	43,02 brennbare	Gase	17,84	35,68 brennbare	Gase
Kohlenoxyd	36,66			17,84		
Kohlensäure	—	tote		13,51	64,32 tote	
Stickstoff	56,98			50,81		
	100,00			100,00		
Temperatur:	1000° C.			1000° C.		

Der absolute Wärmeeffekt dieser Gase berechnet sich rund zu resp. 1040, 1300 und 1090 W.-E.

Aus dem bisher über die Bildung der Gase im Generator Gesagten folgt, dass die Zusammensetzung derselben in ziemlich weiten Grenzen schwanken kann, selbst bei der Vergasung eines und desselben Brennmaterials. Da aber ferner von der Zusammensetzung der Gase deren Heizeffekt abhängt, so ergibt sich für einen rationellen Betrieb die Notwendigkeit fortgesetzter Untersuchungen derselben behufs eventueller Aenderungen im Gange des Generators. Nach Seger*) schwankte bei-

*) Thonindustrie-Zeitung 1878, pag. 199.

spielsweise das von 2 Generatoren der Königl. Porzellanmanufaktur einer gemeinschaftlichen Leitung und durch diese dem Ofen zugeführte Gas, welches in Zwischenräumen von je einer Stunde der Untersuchung unterworfen wurde, rücksichtlich seiner Zusammensetzung in folgenden Grenzen:

	Kohlensäure.	Kohlenoxyd.	Kohlenwasserstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.
1. Probe	4,2	23,7	6,8	3,3	0,1	61,9
2. „	4,6	21,5	7,0	2,4	0,5	64,0
3. „	3,7	23,7	6,7	2,2	0,2	63,5
4. „	1,9	23,4	6,8	1,4	1,8	64,7
5. „	3,3	23,3	7,0	1,4	0,5	64,5
6. „	3,9	23,4	7,0	2,3	0,1	63,3
7. „	2,9	23,1	8,1	2,6	0,4	63,5
8. „	3,4	22,7	9,3	3,3	0,2	61,1
Mittel	4,5	21,8	7,0	1,4	0,3	65,0
Mittel	3,6	22,8	7,4	2,2	0,5	63,5

Während hiernach die betreffenden Gase im Mittel 32,4 Prozent brennbare auf 67,6 Prozent tote Gase enthalten, beziffert sich dies Verhältnis nach den von Stöckmann*) ausgeführten, von Stegmann**) auf den trocknen Zustand umgerechneten Analysen von Gasen der Siemens-Generatoren auf dem Eisenhüttenwerke der Aktiengesellschaft Phönix zu Laar bei Ruhrort, entsprechend einer Zusammensetzung dieser Gase aus

19,51 Kohlenoxyd,
2,12 Kohlenwasserstoff,
5,75 Wasserstoff,
7,71 Kohlensäure,
64,91 Stickstoff,
100,00 Volumteilen

zu 27,38 Prozent auf 72,62 Prozent, während Orsat***) sogar in den Gasen von Siemens-Generatoren

21,50 Kohlenoxyd,
4,35 Kohlenwasserstoff,
6,00 Kohlensäure,
68,15 Stickstoff,
100,00 Volumteile,

also das Verhältnis der brennbaren Gase zu den toten = 25,85 : 74,15 fand.

Diese Gasanalysen gehörten früher zu den schwierigsten Arbeiten, welche eines wohlausgerüsteten Laboratoriums und der Hand eines geschickten Chemikers bedurften. Jetzt aber sind wir im Besitze von Apparaten, welche auch dem Ungeübten die Ausführung solcher Untersuchungen ermöglichen und daher die Gasanalyse in die Praxis des

*) Stöckmann, die Gase des Hohofens und der Siemens-Generatoren.
**) Stegmann, Gasfeuerung und Gasöfen, pag. 69.
***) Wochenschrift d. V. d. I. 1879. 347.

Fabrikbetriebs allgemein eingeführt haben. Die handlichsten dieser Apparate sind die von Orsat und von Bunte angegebenen. Der erstere enthält nach **Fig. 61, Taf. V,** auf einem Holzgerüste montiert, ein graduiertes Messrohr M, welches seinerseits in einem grösseren wassergefüllten Glascylinder geht, sowie drei U-förmig gebogene, sogenannte Absorptionsröhren $a_1 a_2 a_3$, welche mit dem Messrohre vermöge eines rechtwinklig gebogenen Kapillarrohres zwar in Verbindung gebracht, von dem letzteren aber auch durch Glashähne $h_1\ h_2\ h_3$ abgesperrt werden können. Das Kapillarrohr selbst ist in seiner Verlängerung durch die Seitenwand des Holzgerüstes hindurchgeführt und unmittelbar vor derselben mit einem Dreiwegehahn D ausgerüstet, sein freies Ende aber mittels einer Glasrohrleitung mit demjenigen Apparate in Verbindung zu bringen, welchem das zu untersuchende Gas entnommen werden soll. Von den drei Absorptionsröhren ist die eine etwa bis zur Hälfte mit Natronlauge, die andere ebensoweit mit einer Lösung von pyrogallussaurem Natron, die letzte endlich mit einer ammoniakalischen Kupferchlorürlösung gefüllt, von welchen die erstere dazu dient, aus den zu untersuchenden Gasen die Kohlensäure zu absorbieren, während die zweite den Sauerstoff und die dritte endlich das Kohlenoxydgas aufzunehmen bestimmt ist. Endlich ist noch das untere Ende des Messrohrs mittels eines mit Quetschhahn q versehenen Gummischlauchs mit einer als Aspirator dienenden, wassergefüllten Glasflasche F verbunden, so dass man durch Hoch- oder Niedrigstellen dieser letzteren das Messrohr entweder mit Wasser füllen oder es entleeren kann. Soll nun eine Analyse eines Generatorgases oder der Verbrennungsprodukte irgend einer Feuerungsanlage ausgeführt werden, so lässt man zunächst ein eisernes Rohr durch das Mauerwerk in den betreffenden Ofen dicht einführen und umgibt das aus dem Mauerwerk hervorragende Ende desselben mit einer Wasserkühlung nach Art des Liebigschen Kühlers, um einem Glühendwerden des Rohrs und der hierdurch eventuell bedingten Zersetzung der Gase vorzubeugen; besser noch wendet man statt des Eisen- ein Porzellanrohr an. Mit diesem Rohre nun bringt man das zum Apparate führende Glasrohr in Verbindung, nachdem man vorher noch ein weiteres, mit Baum- oder Glaswolle gefülltes Rohr eingeschaltet hatte, um mittels desselben von dem Gasstrom etwa mitgeführte Russ-, Asche- oder Kohlepartikel zurückzuhalten. Die gesamte Rohrleitung bis zu dem mit M in Verbindung stehenden Kapillarrohre ist nun zunächst luftleer zu machen, damit die Gase unverändert zum Apparate gelangen. Zu dem Ende stellt man den Dreiwegehahn D, wie dies in **Fig. 62, Taf. V,** in vergrössertem Massstabe wiedergegeben ist, so dass die Verbindung der Rohrleitung mit dem Kapillarrohre unterbrochen, wohl aber die mit einem bei i anzubringenden kleinen Injektor J hergestellt wird. Bläst man nun mittels eines am Schlauche S befindlichen Mundstücks kräftig in den Injektor, so dringt der Luftstrom in den kleinen Trichter d, um bei e zu entweichen. Infolge der hierdurch entstehenden Saugwirkung wird aber gleichzeitig die Luft aus der Spitze t mit fortgerissen und es strömt nun die Luft aus der Rohrleitung bei fortgesetztem Blasen fortwährend nach, während gleichzeitig aus dem Ofen Gase in die Leitung eintreten, bis endlich alle Luft entfernt ist und die Gase aus der Spitze t ausströmen. Vorher

hatte man durch entsprechende Stellung von D das Messrohr mit der äusseren Luft in Verbindung gebracht und dann bei geschlossenen Hähnen $h_1 h_2 h_3$ und geöffnetem Quetschhahn q die Flasche F solange hoch gestellt, bis das nunmehr aus dieser nach M überfliesende Wasser bis zu einer eingeschliffenen Marke in M gestiegen war. Dann hatte man q geschlossen, mittels einer Drehung von D das Messrohr von der äusseren Luft abgesperrt, h_1 geöffnet, abermals auch q geöffnet und die Flasche F gesenkt, worauf das Wasser aus M nach F zurückgeflossen und dementsprechend die in u enthaltene Flüssigkeit in dem mit h_1 verbundenen Schenkel bis zu einer bestimmten Marke aufgestiegen war, während in den andern, mit durchbohrtem Kork und Glasröhrchen versehenen Schenkel atmosphärische Luft eintrat. In dem Augenblicke, in welchem die Flüssigkeit die Marke erreicht, schliesst man h_1 und öffnet dann zunächst h_2, später auch h_3, um auch in den betreffenden Schenkeln von a_2 und a_3 die Flüssigkeiten bis zu den festen Marken aufsteigen zu lassen. Nachdem man nun nochmals das Messrohr bis zur Marke mit Wasser aufgefüllt und dann in obenbeschriebener Weise das Gaszuführungsrohr luftleer gemacht hatte, bringt man das letztere durch Drehung von D mit M in Verbindung und senkt bei geöffnetem Quetschhahn die Flasche F, worauf das Wasser wieder nach F zurückfliesst, während ein gleiches Gasvolum nach M angesaugt wird. In dem Augenblick, in welchem das Wasser in M bis zum Teilstriche 100 gefallen ist, d. h. wo 100 ccm Gas in M eingetreten sind, schliesst man q und D und hat nun das Gas von der äusseren Luft abgeschlossen im Apparat. Oeffnet man nun zunächst h_1 und q und hebt F, so drängt das nach M überfliessende Wasser, lässt man es genau wieder bis zur Marke steigen, 100 ccm Gas nach a_1, wo das letztere in Berührung mit der Natronlauge sehr schnell seine Kohlensäure verliert. Die Absorption der letzteren wird noch beschleunigt, wenn man durch alternierendes Senken und Heben von F auch in a_1 die Lauge hebt oder senkt, weil diese alsdann dem Gase an den benetzten Wänden von a_1 eine grössere Oberfläche darbietet; nur hat man darauf zu achten, dass das Wasser in M hierbei niemals über die Marke hinaussteigt. Zuletzt lässt man dann die Lauge bis zur Marke in a_1 wieder aufsteigen, schliesst h_1 und hat nun in M das von seinem Kohlensäuregehalte befreite Gas, dessen Menge man abliest und zur Bestimmung der Kohlensäure von 100 subtrahiert. Damit das Volum des Gases durch Kompression oder Expansion nicht beeinflusst werde, halte man während des Ablesens bei geöffnetem Quetschhahn die Flasche F so hoch, dass ihr Wasserstand und der in M in einer Horizontalen liegen. Sauerstoff- und Kohlenoxydgas wird sodann ganz in derselben Weise bestimmt, indem man das in M enthaltene Gas zunächst nach a_2 und nach abermaliger Ablesung des verbleibenden Gasvolums, nach a_3 drückt. Das nun noch verbleibende Gasvolum entspricht dem Stickstoffgehalt des Gases.

Um den Apparat sofort zu einer neuen Analyse verwenden zu können, braucht man, da die Absorptionsflüssigkeiten sämtlich auf der höchsten Marke stehen, nur durch entsprechende Drehung von D das Messrohr mit dem Injektor in Verbindung zu bringen und bei geöffnetem Quetschhahn F zu heben, worauf das nach M fliessende Wasser

den Stickstoff des letzten Versuchs durch J verdrängt. Ist das Wasser in M bis zur höchsten Marke gestiegen, so schliesst man q und D und kann nun durch geeignete Stellung des letzteren, Oeffnen von q und Senken von F eine neue Partie Gas nach M ansaugen.

Einen bei weitem einfacheren Apparat zur Untersuchung der Gase bietet die Buntesche Gasbürette, welche in **Fig. 63, Taf. V,** abgebildet ist. Sie besteht aus einem mit Teilung versehenen Glascylinder, welcher unten einen gewöhnlichen Hahn h, oben einen Dreiwegehahn D mit Rohransatz trägt. Unterhalb des Dreiwegehahns ist der Cylinder etwas erweitert, oberhalb aber ist er mit einem trichterartigen Ansatze t versehen. Beim Gebrauche füllt man die Bürette zunächst zwischen beiden Hähnen mit Wasser, bringt den Rohransatz des Dreiwegehahns mittels eines Gummischlauchs i mit der Gaszuleitung in Verbindung, saugt, indem man durch h Wasser austreten lässt, Gas in die Bürette etwa bis zum achten Teilstrich unter Null und schliesst sie hierauf durch Drehung von D. Das Füllen der Bürette mit Wasser geschieht am besten mittels eines auf ihr unteres Ende aufgeschobenen Gummischlauchs aus einer höherstehenden Flasche; diesen Schlauch schiebt man auch, nachdem das Gas in die Bürette gesogen ist, wieder auf und lässt soviel Wasser eintreten, dass es gerade bis zum Nullpunkte der Teilung reicht. Das eingeschlossene Gas ist infolgedessen etwas komprimiert, man öffnet daher einen Augenblick den oberen Hahn, wodurch sich der Ueberdruck bis zu dem der Atmosphäre ausgleicht. Das nun in der Bürette noch vorhandene Wasser wird sodann mittels einer Saugflasche entfernt, wodurch der Inhalt der Bürette expandiert, dann das untere Ende in die in einem Porzellanbecher enthaltene Absorptionsflüssigkeit, zunächst also in Natronlauge, eingeführt, welche wegen der in der Bürette herrschenden Druckverminderung in jene aufsteigt und endlich die Bürette zur Beförderung der Absorption einige Minuten in pendelartige Schwingungen versetzt.

Vor der Ablesung der durch die Absorption entstandenen Volumveränderung, müssen zunächst die Absorptionsflüssigkeiten selbst aus der Bürette unbedingt wieder entfernt werden, weil dieselben sehr verschiedene Adhäsion an den Glaswandungen besitzen*). Man erreicht dies, indem man nach Oeffnen von D und h aus dem Trichter t Wasser durch die Bürette fliessen lässt, wodurch die Absorptionsflüssigkeit ohne einen Gasverlust ausfliesst, während das nachdringende Wasser die Wandungen der Bürette reinspült, das Gas auf die Temperatur des Wassers bringt und das bei der Kohlenoxydgasbestimmung in das Gas gelangte Ammoniak fortnimmt. (Wird das Ammoniak nicht entfernt, so ergeben sich Fehler von 0,5 bis 1 Prozent.)

Ist endlich nach beendigtem Ausspülen der Hahn h wieder geschlossen, so schiebt man den zum Füllen verwendeten Gummischlauch mit der Vorsicht, dass derselbe keine Luft enthält, wieder auf das untere Ende der Bürette, öffnet h und stellt dass mit dem Gummischlauch verbundene Wassergefäss so hoch, dass in diesem sowohl wie in der Bürette die Wasserspiegel in demselben Niveau einspielen.

---

*) Vergl. Seeger, Untersuchung d. Industriegase. Thonindztg. 1878. 221.

Sollen in den Gasen ausserdem noch Wasserstoff und Kohlenwasserstoffe bestimmt werden, so werden Apparate und Operationen so kompliziert, dass die letzteren nur im Laboratorium des Chemikers ausgeführt werden können *).

Hat nun die Untersuchung der Generatorgase ergeben, dass dieselben nicht mehr als 3 bis 4 Prozent Kohlensäure enthalten; hat man gleichzeitig bei einer Analyse der aus dem Verbrennungsapparate abziehenden Rauchgase einerseits keine brennbaren Gase anderseits aber nicht mehr freien Sauerstoff enthalten, als einer um etwa 10 bis 20 Prozent des theoretischen Quantums vermehrten Zufuhr von Verbrennungsluft entspricht, so wird Vergasung sowohl, wie Verbrennung als eine dem heutigen Standpunkt der Technik entsprechende bezeichnet werden können.

Bei einer Untersuchung der Wärmeeffekte der Brenngase wird es genügen, dieselbe für das mit trockner Luft aus trocknen Koks oder Holzkohlen erzeugte durchzuführen, dessen Zusammensetzung, wie wir oben gesehen, sich zu

34,71	Kohlenoxyd
65,29	Stickstoff
100,00	

ergibt. Bei der Berechnung der Wärmeeffekte dieses Gases ist zu berücksichtigen, dass die in einem Kubikmeter desselben enthaltenen 0,3471 cbm Kohlenoxyd mit 0,1736 cbm Sauerstoff zu 0,3471 Kohlensäure verbrennen und dass jenen 0,1736 cbm Sauerstoff abermals 0,6529 cbm Stickstoff entsprechen, welche mit der Verbrennungsluft zugeführt werden. Hiernach folgt für den absoluten Wärmeeffekt

$$A = 3007 \,.\, 0{,}3471 = 1044 \text{ W.-E.}$$

und für den pyrometrischen Wärmeeffekt

$$P = \frac{1044}{0{,}3471 \,.\, 0{,}427 + 2 \,.\, 0{,}6529 \,.\, 0{,}31} = 1888^0$$

oder unter der Annahme, dass die Verbrennung, entsprechend den Verhältnissen der Praxis mit einem Luftüberschusse von 20 Prozent stattfindet

$$P = \frac{1044}{0{,}3471 \,.\, 0{,}427 + 2 \,.\, 0{,}6529 \,.\, 0{,}31 + 0{,}2 \,.\, 0{,}8265 \,.\, 0{,}31} = 1728^0$$

Bei einer Vergleichung dieser Zahlen mit den Verbrennungstemperaturen der festen Brennmaterialien springt sofort der Vorzug der Gasfeuerung in die Augen. Derselbe ist bedingt durch den Umstand, dass die Gasfeuerungen eine um 80 Prozent geringere Zufuhr überschüssiger Luft ermöglichen und es erklärt sich die letztere Thatsache leicht aus den oben näher besprochenen komplizierten Vorgängen, bei der Verbrennung fester Brennstoffe auf dem Roste, sowie aus der Leichtigkeit, mit welcher den Gasen die erforderliche Luftmenge bei oder kurz vor der Verbrennung zugeführt werden kann.

---

*) Vergl. Dinglers Journal, 221. 284. Thonindustrieztg. 1878. 221.

Regenerative Gasfeuerung.

Bisher ist bei der Ermittelung der Verbrennungstemperatur von der Annahme ausgegangen worden, dass die Brennstoffe sowohl, wie die Verbrennungsluft mit einer Temperatur von 0^0 zur Verbrennung gelangten. Ist auch für die gewöhnliche Rostfeuerung diese Annahme abgesehen von den kleinen Schwankungen der äusseren Temperatur, die hier völlig unberücksichtigt bleiben können, im allgemeinen richtig, so trifft sie für die Gasfeuerung keineswegs zu, denn es treten entweder die Gase an und für sich schon, wenn Generator und Verbrennungsapparat dicht aneinander gebaut sind, mit hoher Vergasungstemperatur in den letzteren ein, oder es müssen dieselben, falls sie bei grösserer Entfernung jener auf dem Wege zum Ofen sich bedeutend abgekühlt haben, nachträglich wieder erwärmt werden, weil sie sich sonst nicht entzünden lassen oder doch wenn sie sich entzünden, nicht fortzubrennen vermögen. Bedingt wird diese Eigentümlichkeit durch den Umstand, dass in den gewöhnlich nicht zu einem Drittel aus brennbaren Gasen bestehenden Generatorgasen jene durch die toten Gase so verdünnt sind, dass die Energie, mit welcher die Atome derselben mit den Sauerstoffatomen der zugeführten Verbrennungsluft sich zu verbinden streben, so geschwächt ist, dass es einer Anregung derselben durch Erhitzen der Gase oder der Verbrennungsluft oder beider bedarf um diese Vereinigung einzuleiten.

Es ist leicht einzusehen, dass die auf die Gase und die Luft übertragene Wärme der Verbrennungstemperatur zu Gute kommen werde, dass also durch diese Vorwärmung, falls sie kostenlos geschehen kann, ein weiterer Vorteil erzielt werden könne und gerade der Leichtigkeit, mit welcher die Gasfeuerung dieses kostenlose Vorwärmen des Brennstoffs sowohl, wie der Verbrennungsluft ermöglicht, verdankt jene die hohe Bedeutung, welche sie für so viele Industriezweige erlangt hat. Das Vorwärmen selbst geschieht, wie dies des Weiteren bei den betreffenden Oefen selbst gezeigt werden wird, entweder in der Weise, dass man Gase sowohl wie Luft, oder die letztere allein, ehe sie in den Verbrennungsapparat eintreten, ein Röhren- oder Kanalsystem passieren lässt, welches von aussen durch die aus dem Ofen selbst abziehenden, hochtemperierten Verbrennungsprodukte erhitzt wird, oder dadurch, dass man zunächst die letzteren vor ihrem Eintritt in die Esse kammerartige, mit einer grossen Anzahl aus feuerfesten Steinen hergestellten, schachbrettartig durchbrochenen, Wänden ausgesetzte Räume passieren, dann aber, wenn die Steingitter die Temperatur der Verbrennungsprodukte angenommen haben, durch geeignete Umschaltevorrichtungen die letzteren in ähnlich konstruierte Kammern eintreten, durch die zuerst erhitzten aber die Generatorgase und die Verbrennungsluft ihren Weg zum Ofen nehmen lässt. Sind endlich im weiteren Verlaufe des Prozesses die ersten Kammern entsprechend abgekühlt, die zweiten aber hoch erhitzt, so treten infolge abermaligen Umschaltens die Verbrennungsprodukte wieder in jene ein, während Gase und Luft diese durchziehen.

Diese letztere Art der Gasfeuerung ist die zuerst von den Gebrüdern Siemens unter dem Namen der regenerativen Gasfeuerung in die Technik eingeführte.

In welcher Weise das Vorwärmen des Gases und der Luft die Verbrennungstemperatur beeinflusse, wird aus folgender Rechnung ersichtlich werden.

Die Verbrennungstemperatur des kalten Gases mit kalter Luft war

$$P = \frac{1044}{0 \,.\, 6041} = 1728^0$$

Wird nun Gas und Luft auf t^0 vorgewärmt, so sind zu den im Zähler obigen Bruchs enthaltenen 1044 W.-E. noch die in 1 cbm Gas und 1,2 . 0,8265 = 0,9918 cbm Verbrennungsluft aufgespeicherte Wärme zu addieren. Ist auch die spezifische Wärme des Gases = 0,31, so ergibt sich diese Wärmemenge zu

$$(1 + 0{,}9918)\ 0{,}31\ t = 0{,}6174\ t$$

und es folgt daher die Verbrennungswärme der Regenerativ-Gasfeuerung

$$P_1 = \frac{1044 + 0{,}6174\ t}{0 \,.\, 6041} = P + 1{,}02\ t$$

es nimmt also die Verbrennungswärme um die Temperatur des Gases und der Luft zu. Unter der Annahme, dass das Verhältnis $\frac{t}{P} = \frac{1}{2}$ praktisch erreichbar ist, würde daher nach der ersten Umschaltung

$$P_1 = P + \frac{1{,}02\ P}{2}$$

sein und nach der zweiten

$$P_2 = P + \frac{1{,}02\ P_1}{2} =$$

nach der dritten aber

$$P_3 = P + \frac{1{,}02\ P_2}{2}$$

und somit das wirklich erreichbare Maximum

$$M = P + \frac{1{,}02\ M}{2} = P + 0{,}6\ M$$

$$M = \frac{P}{0{,}4} = 4320^0$$

Um übrigens den Wert solcher Rechnungen richtig zu stellen, ist zunächst zu bemerken, dass so hohe Temperaturen durch eine Verbrennung, deren hauptsächlichstes Produkt Kohlensäure ist, schon deshalb nicht zu erreichen sind, weil die letztere nach Bunsen schon bei 1000 Grad sich zu dissociieren, d. h. wieder in Kohlenoxyd und Sauerstoff zu zerfallen beginnt, der Art, dass bei steigender Temperatur immer grössere Partien von Kohlensäure diesem Trennungsprozesse unterliegen, so dass endlich bei 4000 Grad Kohlensäure als solche über-

haupt nicht mehr zu bestehen vermag. Nach Müller*) darf man annehmen, dass, wenn bei einer Temperatur von 2000 Grad Kohlenoxyd und Sauerstoff zusammentreten, nur noch $^2/_3$ des ersteren verbrennen, das letzte Drittel aber unverändert bleibt und zur Wärmeerzeugung nicht beiträgt. Während aber diese Dissociation ebenso wie einige weitere, den Effekt herabmindernde, Momente z. B. die Wärmestrahlung, Undichtigkeiten der Apparate u. s. w. ebenso wie bei der Siemenschen Regenerativgasfeuerung auch bei anderen Heizungssystemen in die Wagschale fallen, sind jener doch auch noch einige andere Uebelstände speziell eigen, welche Veranlassung zu einfacheren Heizungsmethoden geworden sind, die ihrerseits ohne Beeinträchtigung des Nutzeffekts jene Uebelstände vermeiden lassen. Unter den letzteren ist namentlich anzuführen, dass der Apparat an und für sich ein komplizierter, dass die Gase auf dem Wege vom Generator bis zum Ofen stark abgekühlt werden müssen zur Schonung der Wechselklappen, wodurch einerseits direkte Wärmeverluste durch die Abkühlung, andrerseits indirekte durch Kondensierung der Teerdämpfe entstehen, und dass infolge der Umschaltung die Gase bald von der einen, bald von der andern Seite in den Verbrennungsraum eintreten, woraus Unregelmässigkeiten des Betriebes resultieren u. a. m. Aus diesen Gründen gibt man jetzt vielfach solchen Konstruktionen, den Vorzug, welche, auf die Regeneration der Gase verzichtend, die letzteren mit der hohen Vergasungstemperatur in den Ofen eintreten lassen, indem der Generator dicht an diesen angebaut wird, so dass nur für die Luft zwei Regeneratoren vorhanden sind. Dieses System, welches neben der einfacheren Konstruktion und dem leichteren Betriebe auch eine stets gleichgerichtete Flamme liefert und welches, wie A. de Boischevalier**) nachgewiesen, bei einer Vergasungstemperatur von 750 Grad der Siemensschen Regenerativgasfeuerung nicht nachsteht, hat man das Rekuperativsystem genannt. Es erhellt leicht die hohe Bedeutung, welche für dieses System jene Generatoren haben, in denen der Entgasungsprozess, wie oben angedeutet, nicht auf Kosten der Vergasungswärme, sondern durch die Abhitze des Ofens sich vollzieht, weil dieselben höher temperierte Gase liefern, als andere Konstruktionen. Für den auf diesem Prinzipe beruhenden Gröbe-Lührmann-Generator beispielsweise, welchen wir später eingehender werden kennen lernen, berechnet Lührmann die Temperatur der Gase auf 1200 Grad und er vindiziert daher den mit diesen Gasen beheizten Oefen eine um 300 Grad höhere Temperatur als unter sonst gleichen Verhältnissen bei der Beheizung mit anderen Generatorgasen erreichbar ist.

Die Bestimmung höherer Temperaturen.

Im Vorhergehenden ist mehrfach hervorgehoben worden, welchen Einfluss die Zusammensetzung der Brennmaterialien, insbesondere auch der Generatorgase auf den Wärmeeffekt ausübe, ferner welche enorme Bedeutung die Zuführung der Verbrennungsluft in richtiger Menge rück-

*) Stahl und Eisen, 1882. 9. 8.
**) Zeitschrift des Vereins deutsch. Ing. 1882. 642. flg.

sichtlich der erzielten Verbrennungswärme habe und daher die Wichtigkeit der Analysen von Generator- wie von Feuergasen betont worden. Nicht minder wichtig aber ist es, über die im Ofen wirklich erzielten Temperaturen sich ein klares Bild zu verschaffen, da hier mit Rücksicht auf die Dauer der Apparate ein Zuviel ebenso gefährlich werden kann, als in anderer Beziehung ein Zuwenig schädlich. Ebenso ist zur Beurteilung des Ofenganges selbst die Temperatur der Brenn- und Rauchgase zu kennen unerlässlich und es verdienen daher die Methoden zur Erkennung dieser Temperaturen mehr, als dies bisher in der Praxis üblich gewesen, Berücksichtigung.

Instrumente, deren man sich zur Bestimmung von Temperaturen, welche die Siedehitze des Quecksilbers, 350° C., übersteigen, bedient, nennt man Pyrometer. Es gibt verschiedene Arten solcher Instrumente, deren Konstruktion auf gänzlich voneinander abweichenden Prinzipien beruht; allein keins derselben bietet auch nur annähernd denjenigen Grad von Genauigkeit, wie er sich bei Bestimmungen niederer Wärmegrade erreichen lässt. Eines der ältesten und das eine lange Zeit hindurch fast allein angewendete, aber jetzt ganz ausser Gebrauch gekommene, ist das Pyrometer nach Wedgewood. Dasselbe gründete sich auf die Eigenschaft des Thons, vom schwachen Glühen bis zur gänzlichen Verglasung eine stetige Volumveränderung zu erleiden. Auf einer Messingplatte waren Kulissen oder Leisten so aufgelötet, dass sie an einem Ende 12,70 mm, am andern 7,62 mm voneinander abstanden, also schwach konvergierten; längs derselben ging eine Teilung von 0 bis 240 gleichen Teilabständen. Thoncylinder erhielten nach dem Trocknen und dem bis zur anfangenden Glühhitze gehenden leichten Brennen eine solche Form, dass sie zwischen den Kulissen an den Nullpunkt der Skala passten. Nachdem sie dann dem zu bestimmenden Hitzgrade ausgesetzt worden waren, und eine entsprechende Volumveränderung erfahren hatten, wurden sie nach dem Erkalten aufs neue zwischen die Messingleisten eingepast und der entsprechende Teilpunkt abgelesen. Nach Wedgewoods Bestimmung lag der Nullpunkt seiner Skala bei 581° C. und jede Abteilung war äquivalent 72° C. Die nicht immer gleiche Beschaffenheit des Thons und das hieraus entspringende ungleiche Schwinden desselben sind Ursachen, aus denen die Angaben des Instruments der Uebereinstimmung entbehren müssen; übrigens hat es sich auch ergeben, dass der Nullpunkt nicht bei 581° C., sondern bei 270° liegt, so dass jede Abteilung nicht 72° C., sondern 34° C. entspricht.

Eine auf das entgegengesetzte Prinzip, d. h. auf die Ausdehnung durch die Wärme gegründetes ist das von Daniell angegebene Platinpyrometer von folgender Konstruktion. Auf dem Boden einer 20 cm langen und 7,50 mm im Lichten weiten Büchse von Reissblei (ein Gemenge aus Graphit und Thon) steht eine 16,5 cm lange Platinstange, auf deren oberes Ende, gleichsam als Verlängerung derselben, eine Porzellanstange passt, welche noch 2,5 cm weit aus der am oberen Ende zur Hälfte ausgeschnittenen Büchse hervorsteht. Dieser Porzellanindex ist mittels eines Platinringes und eines zwischen diesen und die Büchse eingetriebenen Porzellankeils festgeklemmt. Wird dieser Apparat einer hohen Temperatur ausgesetzt, so schiebt die Platinstange vermöge ihrer

starken Ausdehnung den Index fort, ohne dass dieser beim Erkalten wieder zurückgehen kann. Ein Zeigerapparat, welcher vor und nach dem Versuche auf dieselbe unveränderliche Weise auf das obere Ende der Büchse aufgesetzt werden kann, gestattet die Verschiebung des Index in zehnfacher Vergrösserung abzulesen. Und hieraus kann man die Ausdehnung der Platinstange finden, wenn man diejenige der Reissbleibüchse kennt und hieraus die Temperatur berechnen, welcher dieselbe während des Versuchs ausgesetzt gewesen ist. Obgleich dieses Pyrometer den Vorzug besitzt, dass der feine Messapparat nicht der zu bestimmenden Hitze ausgesetzt wird, so sind seine Angaben wegen der veränderlichen Beschaffenheit des Reissbleies doch nicht eben sehr zuverlässig.

Von Pouillet sind zwei pyrometrische Methoden in Anwendung gebracht worden, von welchen die erstere sich auf die Bestimmung der Volumveränderung, welche die Luft in verschiedenen hohen Hitzegraden erleidet, gründet, die andere aber auf die Verschiedenheit der Stromstärke eines thermo-elektrischen Elements, wenn dieses verschieden erhitzt wird.

Das Luftpyrometer besteht zunächst aus einem Ausdehnungsgefäss, welches dem zu messenden Hitzgrade ausgesetzt wird. Dasselbe bildet ein eiförmiges Platingefäss von mehr als 50 ccm Inhalt; es setzt sich in ein feines Platinrohr fort, welches am Ende umgebogen und mit einer Dülle versehen ist, mittels deren es sich auf ein senkrecht aufgestelltes Barometerrohr aufsetzen und mittels Zinn ankitten lässt. Das Barometerrohr selbst, in welchem die Ausdehnung der Luft gemessen wird, ist in gleiche Raumteile eingeteilt, und mit noch zwei andern oben offenen Barometerröhren auf demselben eisernen Fusse so angebracht, dass es mit einer der Röhren in beständiger Verbindung ist, und beide so kommunizierende Röhren je nach der Stellung eines in dem Fusse angebrachten Hahnes mit einer dritten Röhre in Verbindung gebracht werden können, entweder um von dieser Quecksilber aufzunehmen oder um Quecksilber aus dem System austreten zu lassen, oder dass die beiden ersten Röhren von jeder weiteren Gemeinschaft mit dem dritten Rohre abgeschlossen werden können. Der eiserne Fuss sitzt auf einem eisernen Teller auf, bestimmt zur Aufnahme einer die drei Barometerröhren umgebenden Glashülle, die ihrerseits bei den Versuchen mit Wasser gefüllt wird, um die Röhren gemeinschaftlich auf einer konstanten Temperatur erhalten zu können. Der beschriebene Röhrenapparat hat den Zweck, die bei der Erwärmung des Ausdehnungsapparates in die geteilte Röhre tretende Luft, ehe man abliest, stets unter den Atmosphärendruck zu versetzen. Es geschieht dies durch Ablassen von Quecksilber, wenn die Luft sich ausgedehnt oder durch Nachfüllen aus der dritten Röhre, wenn sich die Luft infolge der Abkühlung zusammengezogen hat. Aus der Gleichheit im Niveau in den beiden ersten Röhren ersieht man, ob diese Bedingung erfüllt ist. Die dem Erhitzen ausgesetzte Luft muss vollkommen trocken sein, und daher durch wiederholtes Auspumpen und Wiedereintreten über Chlorcalcium ausgetrocknet werden. Absolut genau sind aber darum die Resultate noch nicht; einmal, weil das Platin die Eigenschaft hat bei gewöhnlicher Temperatur auf seiner Oberfläche Luft zu verdichten, die

in stärkerer Hitze frei wird, zum andern weil es fast unmöglich ist, alle drei Röhren in der Nähe der Wärmequelle konstant auf derselben Temperatur erhalten.

Das thermo-elektrische Pyrometer besteht aus einem an seinen beiden Enden mit Eisenplättchen verschlossenen Flintenlaufe, an dessen einem Ende ein Platindraht befestigt ist, der längs der Achse des Rohres und isoliert durch den Boden am entgegengesetzten Ende geht. Ein zweiter Platindraht ist mit dem Eisen an diesem Boden verbunden und die Enden beider Platindrähte mit den Enden eines Kupferstreifens, der den Multiplikator einer Sinusbussole bildet. Das obere nicht durchbohrte Ende des Flintenlaufs wird dem zu messenden Hitzgrade ausgesetzt und wirkt so als thermo-elektrisches Element. Jenes Ende ist, damit es im Feuer sich nicht verändere, mit einem feuerbeständigen Kitt überzogen. Auch dieses Instrument ist jedoch nicht frei von namhaften Fehlerquellen, so dass, trotz des grossen Fortschritts, der in der Anwendung des Prinzips lag, dasselbe wieder aufgegeben wurde.

Als vorzüglich zuverlässig wird hingegen das von Siemens konstruierte elektrische Pyrometer gerühmt, welches auf dem einfachen Prinzip beruht, dass die Leitungsfähigkeit eines metallischen Leiters für den elektrischen Strom mit dessen Temperatur abnimmt, zwar nicht gleichförmig, aber doch einem bestimmten geometrischen Gesetze folgend. Ist daher der elektrische Widerstand irgend eines Leiters für die Temperatur $t = 0^0$ bekannt, so lässt sich unter Anwendung jenes Gesetzes bestimmen, wie gross derselbe für beliebige andere Temperaturen sein müsse, oder man ist im stande aus dem jeweiligen Widerstande des Leiters auf die Temperatur zu schliessen der er ausgesetzt ist

Der vom Erfinder in Anwendung gebrachte Leiter ist ein feiner Platindraht, welcher um einen mit schraubenförmiger Rinne versehenen Thoncylinder gewunden ist, der seinerseits von einer Röhre aus Eisen oder Platin umschlossen wird, je nachdem die zu messende Temperatur kleiner oder grösser ist als etwa 1300° C. Diese Röhre wird nun der Temperatur ausgesetzt, deren Grösse bestimmt werden soll. Drahtleitungen verbinden den Platindraht mit einer galvanischen Batterie und einem Differentialgalvanometer zum Messen des Leitungswiderstandes. Die Anordnung ist dabei etwa so, dass der von der Batterie ausgehende Strom sich zunächst in zwei Zweige spaltet, von denen der eine den Platindraht passiert und dann zum Voltameter geht, während der andere direkt das Voltameter erreicht um sodann zur Batterie zurückzukehren. Das Voltameter, welches in **Fig. 64, Taf. V**, abgebildet ist, trägt zwei senkrechte Glasröhren $r\,r_1$, welche an ihrem oberen Ende durch Kautschukkissen geschlossen sind, die ihrerseits durch Gewichte $g\,g_1$ fest aufgedrückt werden, aber durch Kniehebel $h\,h_1$ gelüftet werden können. Seitlich stehen die Röhren mittels der Kautschukröhren $c\,c_1$ mit kleinen Reservoirs $e\,e_1$ in Verbindung, die in senkrechten Führungen sich verschieben lassen, und können von diesen aus bis zum Nullpunkte ihrer Teilung mit angesäuertem Wasser gefüllt werden, wenn man die Reservoirs hochschiebt und gleichzeitig durch einen Druck auf die Hebel die Schlusskissen hebt, um der Luft den Austritt zu gestatten. Unten sind in die Röhren je zwei Platinstreifen voneinander isoliert eingeführt, und mit diesen werden die respektiven Leitungsdrähte der Teilströme

verbunden. Indem diese Ströme innerhalb der Röhren von dem einen Platinstreifen zum andern übergehen, zerlegen sie das in den Röhren enthaltene Wasser in seine Bestandteile, in Sauerstoff- und Wasserstoffgas, welches Gasgemenge im oberen Teile der Röhren sich ansammelt, die Flüssigkeit in entsprechender Menge in die Reservoirs zurückdrängend. Ein Stromwender gestattet während der Operation durch häufiges Umkehren der Stromrichtung eine schädliche Polarisation der Platinelektroden zu vermeiden. Sind nun die beiden Teilströme gleichstark, so werden in den Röhren auch gleiche Mengen Wasser zersetzt, somit auch gleiche Volumina Gas abgeschieden; ist aber der Widerstand der Platinspirale durch Einführung derselben in den Raum, dessen Temperatur man bestimmen will, vermehrt und somit der erste Teilstrom geschwächt, so wird in der entsprechenden Röhre weniger Gas abgeschieden, als in der andern. Eine dem Apparate beigegebene Tabelle gestattet, aus der Differenz beider Gasvolumina, welche an der Teilung der Röhren abgelesen wird, sofort die Temperatur, welcher die Platinspirale ausgesetzt gewesen, zu ersehen.

Von A. Weinhold*) ist die Brauchbarkeit und Zuverlässigkeit des Instruments nachgewiesen worden. Die ganze Einrichtung desselben, obschon sie auf den ersten Blick kompliziert erscheint, ist für die wirkliche Anwendung in Oefen berechnet und die Handhabung so einfach, dass bei guter Anleitung jeder einigermassen intelligente Arbeiter auf seinen Gebrauch einzuüben ist. Besonderen Wert erhält dies Pyrometer noch durch den Umstand, dass das Voltameter Hunderte von Metern von dem Orte, dessen Temperatur bestimmt werden soll, also beispielsweise im Büreau aufgestellt werden kann und also von hier aus eine fortwährende Kontrolle des Ofengangs ermöglicht. Leider wird der Preis von circa 600 Mark der allgemeineren Anwendung im Wege stehen.

In neuerer Zeit sind vielfach Pyrometer empfohlen worden, welche die Temperaturen aus der Ausdehnung von Metallstäben ergeben; dieselben sind aber nur für solche Temperaturen, welche dunkle Rotglut nicht erreichen, brauchbar, weil andernfalls bleibende Formveränderungen der Metallstäbe erfolgen. Sie lassen sich indessen recht wohl zu relativen Bestimmungen verwenden, indem man sie an einer bestimmten Stelle des Ofens so einmauert, dass sie durch eine etwa 10 cm starke Steinschicht von der Glut getrennt sind. Sie werden dann nicht höher erhitzt, als für ihr zuverlässiges Funktionieren zulässig ist und lassen doch immerhin Schwankungen in der Ofentemperatur erkennen.

Für die Zwecke des praktischen Betriebs am meisten geeignet erscheint immer noch die zuerst von Prinsep vorgeschlagene Benutzung von Metalllegierungen mit verschiedenen Schmelzpunkten. Prinsep stellte seine Skala in der Weise zusammen, dass der Schmelzpunkt des reinen Silbers gleichsam den Nullpunkt, derjenige einer Legierung von 95 Silber und 5 Gold den ersten Grad bezeichnete, während weiterhin Legierungen von 90 Silber mit 10 Gold, 85 Silber mit 15 Gold u. s. f. bis zum reinen Golde folgten. Den nächsten Grad bildete dann eine Legierung von 95 Gold mit 5 Platin, den folgenden 90 Gold mit 10

*) Poggendorffs Ann. 149. p. 186 ff.

Platin u. s. w. bis endlich das reine Platin den höchsten Grad bezeichnete. Diese Legierungen wurden zu Blech ausgewalzt und in etwa 1 g schweren Stückchen auf einer mit kleinen Gruben versehenen Thon- oder Magnesiaplatte so in den Ofen gebracht, dass sie von aussen beobachtet werden konnten. Bei steigender Hitze kamen die Plättchen der Reihenfolge nach ins Schmelzen und die letzte geschmolzene Probe galt dann als Kriterium für die vorhandene Temperatur. Nach Tunner und Rinmann*), welche dieser Legierungen sich vielfach bedienten, hatten dieselben folgende Schmelzpunkte

100	Silber	0	Gold	1020°
95	„	5	„	1030°
70	„	30	„	1050°
45	„	55	„	1070°
20	„	80	„	1090°
0	„	100	„	1100°
90	Gold	10	Platin	1175°
85	„	15	„	1250°

u. s. w.

Auch Heeren bezeichnet dies Verfahren als ein sehr sicheres, findet aber einen wesentlichen Mangel desselben darin, dass es zur längeren Unterhaltung einer gleichmässigen Temperatur nicht wohl gebraucht werden kann, weil es wohl die allmähliche Zunahme nicht aber die Abnahme der Temperatur anzeigt.

Heeren änderte daher das Verfahren, um diesem Uebelstande abzuhelfen, indem er gleichzeitig, um das kostbare Gold zu vermeiden, ausserdem aber noch aus einem später anzuführenden Grunde nur Legierungen von Silber und Platin verwendete. Auch konnte er sich, um eine bestimmte Temperatur innerhalb gewisser Grenzen zu unterhalten, auf die Verwendung von nur zwei Legierungen beschränken, ja unter Umständen und bei sorgfältigem Operieren mit einer einzigen ausreichen.

Von diesen Legierungen werden, je nachdem die Beschaffenheit der betreffenden Anlage die Beobachtung der Proben erleichtert oder erschwert, 3 oder mehr Gramme in einem aus feuerfester Masse hartgebrannten, zweiarmigen Löffel von der in **Fig. 65, Taf. V**, wiedergegebenen Gestalt mittels eines Hakens aus starkem Eisendraht oder bei längeren Versuchen in hoher Temperatur mittels eines Platindrahts in den Ofen eingehängt. Die Legierungen sind so normiert, dass die eine gerade bei dem beabsichtigten Hitzegrade zum Flusse kommt, während die zweite durch einen um etwa 5 Prozent höheren Platinzusatz etwas schwerer schmelzbar ist. Für die Komposition dieser Legierungen kann als Anhaltepunkt dienen, dass bei denselben eine Erhöhung oder Verminderung des einen Metalls um 5 Prozent einer Differenz der Schmelzpunkte von 75° gleichkommt**).

Handelt es sich nun darum, die Temperatur auf dem Schmelzpunkte der ersten Legierung zu halten, so muss mit dem Feuern eingehalten werden, wenn die zweite Legierung zu schmelzen beginnt, an-

---

*) Muspratt III, 824.
*) Dingler, 161. p. 106.
**) Muspratt, a. a. O.

derseits aber muss stärker geheizt werden, wenn die erstere erstarren will.

Diese Beobachtungen werden nun durch eine Eigenschaft der Silber-Platin-Legierungen ganz besonders erleichtert und verdienen daher die letzteren, wie schon erwähnt den Vorzug vor allen andern. Schmelzen und Erstarren findet nämlich bei denselben nicht plötzlich statt, sie gehen vielmehr nur allmählich von dem einen zum andern Aggregatzustande über, so dass sie zwischen beiden eine teigartige Konsistenz annehmen. Es lassen sich demnach an den Proben bei einiger Uebung leicht drei verschiedene Zustände unterscheiden und erkennen und zwar

1. der vollständig flüssige: Die Oberfläche der Probe erscheint spiegelblank und zeigt bei der geringsten Erschütterung des Löffels einen lebhaften Wellenschlag;
2. der halbflüssige oder teigige: Die Oberfläche ist ebenfalls spiegelnd, zeigt aber bei Erschütterungen des Löffels keinen Wellenschlag;
3. der starre: Die Oberfläche erscheint matt, nicht spiegelnd.

Wenn also eine vollständig geschmolzene Legierung allmählich erkaltet, so verliert sie zunächst ihre Flüssigkeit, behält aber noch eine glänzende Oberfläche, welche letztere erst beim völligen Erstarren matt und glanzlos wird. Hiernach erscheint es also wohl möglich, selbst bei Anwendung nur einer einzigen Legierung eine ganz bestimmte Temperatur einzuhalten, indem man diese so reguliert, dass die betreffende Legierung jenen halbflüssigen Zustand annehmen muss, also eine glänzende Oberfläche zeige ohne bei Erschütterungen des Löffels wellenförmige Bewegungen anzunehmen. Immerhin aber ist es praktischer, sich zweier solcher Legierungen zu bedienen; findet man dann einmal das eine Metall vollständig geschmolzen, während das andere noch eine matte Oberfläche zeigt, so kann man sicher sein, sich noch innerhalb der zulässigen Grenzen zu befinden. Die matten und glanzlosen Oberflächen lassen sich sehr leicht von den glänzenden, spiegelnden unterscheiden, auch genügt es zur Erzeugung der wellenartigen Bewegungen den hängenden Löffel mit einem Drahte zu berühren. Aber der Löffel muss eben deshalb in den Ofen eingehängt, nicht gestellt werden. Bei grossen Oefen, bei denen die Beobachtungen schwieriger werden, wird man die Metallmengen so gross nehmen müssen, dass man immerhin Oberflächen von 3 bis 5 cm Durchmesser erhält; auch kann man dann zur Beobachtung ein Fernrohr zu Hilfe nehmen. Kommt es endlich nicht darauf an, Temperaturschwankungen in so engen Grenzen zu vermeiden, so lässt man die Legierungen rücksichtlich ihres Platingehaltes sich mehr unterscheiden.

Ein neuerdings von Boulier konstruiertes Pyrometer, mittels dessen man die Temperatur des Beobachtungsraumes aus der Temperatur eines, jenen schnell durchfliessenden, Wasserstroms ermittelt, hat unter andern in der Porzellanmanufaktur zu Severs sehr befriedigende Resultate geliefert. Abgebildet und beschrieben ist dasselbe Thonindustrieztg. 1884 Nr. 31.

Sechstes Kapitel.

Anlage der Glashütten und Bau der Oefen.

I. Anlage der Glashütte.

Die erste Sorge, die bei der beabsichtigten Anlage einer Glasfabrik in Betracht genommen werden muss, ist die: wo ist mit Vorteil eine solche Fabrik anzulegen? Die Antwort auf diese Frage wird sich mit einer gewissen Präzision finden lassen, wenn man die Bedeutung jedes einzelnen der dabei konkurrierenden Elemente ins Auge fasst. Es gehören hierher 1) die Beschaffung der zur Glasfabrikation notwendigen Rohstoffe, 2) das Brennmaterial, 3) der Absatz der fertigen Produkte und 4) die Arbeitslöhne.

Was die Beschaffung der Rohstoffe betrifft, deren Handelswert im Vergleich zu ihrem Gewichte bei der Glasfabrikation im allgemeinen nur ein geringer ist, so würde man eine Glashütte dahin zu verlegen haben, wo diese Rohstoffe sich vorfinden; vereinigt sich hiermit noch die unmittelbare Nähe des nötigen Brennmaterials, so möchten hiermit die wesentlichsten Bedingungen erfüllt sein. Unter ähnlichen Verhältnissen, d. h. da, wo sich die Rohstoffe und Brennmaterialien vereinigt fanden, in Gebirgen und Wäldern, finden wir daher in der That die ersten Glashütten; jene lieferten ihnen in den meisten Fällen die benötigte Kieselsäure, diese das Brennmaterial, und die Asche von diesem wieder das Alkali. Trotz der grossen Umwälzungen die im Verlaufe der Zeit die Verkehrsverhältnisse erlitten haben, befinden sich viele dieser ältern Glasfabriken doch in der Lage, mit andern Fabriken, die dem Verkehrsleben näher liegen, konkurrieren zu können; denn wenn sie auch, wie es ziemlich allgemein üblich ist, die Fracht nach dem nächsten grösseren Speditionsplatze selbst tragen müssen, so haben sie dafür auch keine oder nur wenig Transportkosten für die Rohstoffe: und das dürfte sich mindestens kompensieren. Diese Verhältnisse ändern sich jedoch, wenn einer der beiden Faktoren nicht vorhanden ist,

und die Entscheidung über die Wahl des Platzes hängt alsdann davon ab, ob der Transport der Rohstoffe, oder der des Brennmaterials grössere Kosten veranlassen werde. Daneben wird es immerhin notwendig sein, sein Augenmerk auf die Nähe einer Eisenbahnstation zu richten, was um so eher thunlich erscheint, als Eisenbahnen gegenwärtig nach allen Richtungen Gebirge und Wälder durchschneiden, oder noch besser auf die Nähe einer volk-, handel- und gewerbreichen, an einem schiffbaren Flusse gelegenen Stadt zu richten. Denn nicht allein, dass die Wasserstrasse die billigsten Frachtsätze hat, so bietet auch die grössere Stadt Gelegenheit zum Absatz eines grossen, wenn nicht des grössten Teils der fertigen Produkte, und, wenn chemische und Seifenfabriken vorhanden sind, zur Deckung des täglichen Bedarfs an Alkalien und kohlensaurem Kalk. Vor allem aber wird man sich bei im Uebrigen gleichen Verhältnissen einem Platze zuwenden, welcher die billige Erwerbung eines fossilen Brennstoffs gewährleistet, selbst wenn dessen Qualität keine vorzügliche, da die neueren Ofenkonstruktionen die Verwertung von Brennmaterialien gestatten, welche vor nicht langer Zeit noch von der Verwendung in der Glasindustrie gänzlich ausgeschlossen waren.

Hiernach würde also die Antwort auf die Frage, wo eine Glasfabrik mit Aussicht auf einen möglichst günstigen Erfolg anzulegen sei, dahin lauten: Entweder in einer Gegend, die von einer Eisenbahn durchschnitten wird und Rohstoffe und Brennmaterial in unmittelbarer Nähe liefert; oder in nächster Nähe einer grossen volks- und gewerbreichen, an einem Flusse gelegenen Stadt. Da aber in der Nähe einer grossen Stadt in der Regel Grund und Boden sehr teuer, und auch die Arbeitslöhne sehr hoch sind, so sind auch noch das vorhandene Anlage- und Betriebskapital in Betracht zu ziehen.

Nach erfolgter Wahl des Platzes handelt es sich nun um den Aufbau der Fabrik und deren innere Einrichtung. Im allgemeinen vermeide man, unbeschadet der Solidität und des guten Geschmacks, jeden unnötigen Kostenaufwand; das sind Forderungen, die sich sehr wohl miteinander vereinigen lassen, und ein Etablissement, welches mit Zweckmässigkeit in seinem Innern, in seinem Aeussern mit den Gesetzen der Schönheit harmoniert, macht wie auf jeden, so auch auf den Arbeiter einen wohlthuenden Eindruck, der sich zunächst durch eine grössere Anhänglichkeit an das Geschäft selbst kund gibt.

Den Hauptbestandteil einer jeden Glasfabrik bildet das zur Aufnahme der Oefen bestimmte Gebäude, das eigentliche „Hüttengebäude". Der Umfassungsmauer, die auf einem breiteren gemauerten Fundamente entweder aus Bruch- oder auch aus gebrannten Steinen aufgeführt wird, gibt man eine Stärke von 0,30 bis 0,50 m und versieht dieselbe, um ihr mehr Festigkeit zu erteilen, an den geeigneten Stellen mit Strebepfeilern. Zweckmässig vermeidet man im Innern alles Holzwerk; wenigstens sollte man zu den unteren Querbalken des Dachstuhls nur eiserne Stangen verwenden. Wenn das zur Errichtung der Fabrik gewählte Terrain tief liegt, so dass im Frühjahr durch das Schmelzen des Schnees oder im Sommer durch starke Regengüsse Ueberflutungen zu befürchten stehen, so thut man gut, das ganze Umfassungsgebäude bis zur Höhe des unteren Schmelzofenringes auf Pfahl-

rosten zu bauen, dasselbe zu dielen und mit Ziegeln in Lehm oder Kalk zu pflastern. Unter Umständen kann man den inneren Raum auch mit Erde ausfüllen und planieren, wobei man selbstverständlich die Gänge zu den Luftkanälen bei Oefen, in denen Kohlen gebrannt werden, frei halten muss. Das Dach kann mit sogenannter Steinpappe oder mit Dachfilz gedeckt werden, und ist so eingerichtet, dass in dem Raume ein lebhafter Luftwechsel stattfinden kann. Aus diesem Grunde ist es auch sehr wesentlich, dem inneren Raume die nötige Höhe zu geben, die man von der Sohle bis zum Dachfirst niemals unter 11 m bemessen sollte; in England gibt man häufig der ganzen Hütte die Form einer grossen Esse, **Fig. 66, Taf. IV**, was dem beabsichtigten Zwecke offenbar noch förderlicher ist.

Was die räumliche Ausdehnung des Hüttengebäudes betrifft, so ist dieselbe nicht nur von dem Umfange, sondern auch von der Art des Betriebs abhängig, und werden wir bei den einzelnen Zweigen der Glasfabrikation auf diesen Punkt zurückkommen, wollen aber hier schon bemerken, dass es überall rätlich erscheint, auf den Bau von wenigstens einem Reserveofen Rücksicht zu nehmen, indem nur hierdurch Unterbrechungen im Betriebe mit Sicherheit vermieden werden können. In der Hohlglasfabrikation erfordern die Kühlöfen noch eine besondere Rücksicht; sie müssen geräumig genug sein, um alle Gegenstände, die während der ganzen Dauer der Arbeit fertig werden, aufnehmen zu können. Ihre Grösse bemisst sich zur Genüge nach der Menge der jedesmal zu verarbeitenden Glasmasse, die z. B. für jede 100 Stück Weinflaschen, einen Raum von 3 bis 4 cbm in Anspruch nimmt.

Die Zahl der Strecköfen ist von der Grösse der Schmelzöfen und dem System abhängig, nach welchem gearbeitet wird. In dem gewöhnlichen Streckofen werden durchschnittlich in 24 Stunden 200 Stück Cylinder gestreckt, zu deren Abkühlung 3 bis 4 Tage erforderlich sind, wonach man die nötige Anzahl Oefen berechnen kann.

Bei der Stellung, die die Oefen gegenseitig erhalten, hat man zunächst darauf Rücksicht zu nehmen, dass die Kühlöfen den Arbeitsöffnungen gegenüberliegen müssen, während ihre Entfernung voneinander, damit sich die Arbeiter frei bewegen können, nicht unter 3 bis 5 m betragen darf. Wenn nur ein einziger Schmelzofen vorhanden ist, so hat dieser seinen Platz in der Mitte des Hüttengebäudes; die Häfen- oder Temperöfen legt man zweckmässig rechts, die Kühlöfen links vom Eingange, dem Schmelzofen gegenüber, an. Wo man mit zwei Schmelzöfen arbeitet, die ebenfalls die Mitte des Raumes einnehmen, sind dieselben durch einen Zwischenraum von 6 bis 7 m voneinander getrennt, während die erforderlichen Kühlöfen ihnen wieder gegenüber liegen.

Ferner hat das Hüttengebäude aufzunehmen: 1) das Kohlenmagazin, welches so gelegen sein muss, dass man die Kohlen auf dem kürzesten und leichtesten Wege zu den Feuerungsstellen schaffen kann, und auch der Raum nicht durch Kohlenstaub verunreinigt wird; 2) die Gemengstube, in welcher die Vermengung der Glasmaterialien vorgenommen wird; 3) die Materialkammer, zur Aufnahme von Soda, Glaubersalz, Pottasche, Braunstein, Mennige u. s. w.;

und 4) einen Raum zur Aufbewahrung der Formen, Werkzeuge u. s. w.

In vielen Glasfabriken findet man auch die Thonkammer, die Hafenstube und den Hafenraum in dem Hüttengebäude untergebracht; man kann aber diese Räumlichkeiten, mit der Werkstätte zum Ausbessern der Werkzeuge, der Pochkammer mit Pochwerk, Quetschmühle oder sonstigen Zerkleinerungsmaschinen, vereint, in einem besonderen Gebäude, welches sich auf der einen Seite dem Hüttengebäude als ein Flügel anlegt, unterbringen, während ein zweiter Flügel, an dem entgegengesetzten Ende des Gebäudes, die Wohnung und das Kontor enthält. Unter jenem Flügel würde man zweckmässig einen Keller oder ein Souterrain mit 3 Abteilungen anbringen, in deren einer man den rohen, in der zweiten den zubereiteten und eingesumpften Thon aufbewahrt, während in der dritten Abteilung, die zwischen den beiden anderen liegt, die Thonschneidemaschine aufgestellt ist. Zu ebener Erde kommt alsdann die Pochkammer mit etwa 400 qm Bodenfläche, an diese anstossend eine kleinere Kammer zur Aufbewahrung der Schamotte, und hierauf die Hafenstube mit ebenfalls 400 qm Bodenfläche. Zum Kneten der Masse sind längs der Wände einige Tische in der Mitte einige Kästen zum Anmachen des Gemenges aufgestellt. Die hiervon nicht beanspruchte Bodenfläche muss noch hinreichenden Raum für das Formen der Häfen und Steine darbieten. Die Hafenstube muss heizbar und über dem Teile des Souterrains angelegt sein, welcher den eingesumpften Thon enthält, um diesen mittels eines Aufzugs in die Hafenstube schaffen zu können. Wenn man die übrigen noch hierher gehörigen Räumlichkeiten zu ebener Erde anlegen will, so würde die Pochkammer an dem von dem Hafengebäude entferntesten Ende anzubringen sein, so dass sie den Anfang und die Hafenvorratskammer an dem anderen Ende des Flügels den Schluss machte, und würden alsdann alle diese Räume durch eine Eisenbahn untereinander zu verbinden sein. Will man jedoch, aus irgend welchen Gründen eine Etage aufsetzen, so sind Trockenstube und Vorratskammer in diese zu verlegen und Aufzüge anzulegen, um die Häfen aus der Hafenstube herauf und von der Trockenkammer wieder herunter zu schaffen.

Bei der Bestimmung der Grösse der Trockenstube und Vorratskammer hat man die Zahl der Häfen, mit welchen der Ofen besetzt wird, sowie ferner zu berücksichtigen, dass ein Hafen durchschnittlich nur einen Monat aushält, und dass man die Häfen, ehe man sie in Gebrauch nimmt, ein Jahr alt werden lassen muss. Das Jahr zu 300 Arbeitstagen oder 10 Monaten, und einen Ofen zu 8 Häfen angenommen, würden also für jeden Schmelzofen 80 Stück Häfen vorrätig sein müssen. Den oberen Durchmesser des Hafens mit dem nötigen Zwischenraum zu 0,86 m gerechnet, würden sämtliche Häfen einen Flächenraum von $0{,}86 \cdot 0{,}86 \cdot 80 =$ rund 60 qm einnehmen. Stellt man sie auf 4 Gerüsten in 4 Reihen, und so auf, dass die Gerüste von den Wänden 0,63 m, und voneinander 1,57 m entfernt stehen, so folgt die Länge eines Gerüstes $= 20 \cdot 0{,}86 = 17{,}2$ m und die Länge des Lokals demnach $= 17{,}2 + 2 \cdot 0{,}63 = 18{,}46$ m und somit für 2 Wand- und 3 Mittelgänge eine Fläche von $18{,}46 \cdot 2 \cdot 0{,}63 + 18{,}46 \cdot 3 \cdot 1{,}57 = 110{,}19$ qm, sowie für 8 Räume an den Köpfen der Ge-

rüste 8 . 0,86 = 6,88, so dass also im ganzen eine Grundfläche von 177 qm für die Vorratskammer erforderlich ist. Da man auch jedoch für einige Reservehäfen, sowie für die Formsteine eines Raumes bedarf, so wird man wohlthun, der Kammer eine Länge von 18 m und eine Tiefe von 12 m zu geben, womit man unter allen Umständen ausreichen wird. Bei knapp zugemessenem Raum kann man auch 2 Gerüste übereinander anbringen, und so an der Länge die Hälfte sparen.

Auf eine ähnliche Weise lässt sich auch die Grösse der Trockenstube bestimmen; da unter den angenommenen Verhältnissen monatlich durchschnittlich 10 Häfen angefertigt werden, die drei Monate in der Kammer verweilen, und da man auch auf die Ofensteine Rücksicht zu nehmen hat, so erfordert die Trockenstube die Bodenfläche von etwa 40 Stück Häfen, d. h. sie muss halb so gross sein wie die Vorratskammer.

Eine solche Einrichtung zur Herstellung der Häfen und Steine genügt für kleine Verhältnisse; für grössere Hütten muss sie schon vollkommener sein und hervorragende Etablissements bedürfen einer vollständigen Fabrik feuerfester Produkte. Ueber eine derartige Anlage, berechnet für eine grosse Spiegelgiesserei macht Henrivaux*) interessante Mitteilungen. Das Gebäude, welches die **Fig. 67, Taf. V**, **Fig. 68** und **69, Taf. VI**, in 3 Grundrissen und **Fig. 70, Taf. VII**, in einem Querschnitte vorführen, enthält im Souterrain, **Fig. 67, Taf. V**, welches wie sämtliche übrigen Stockwerke durch Perretsche Etagenöfen, über welche später Näheres gesagt werden soll, geheizt wird, die Magazinräume *MM* für die verschiedenen Thone, Schamotte, Sand u. s. w. sowie den Vorratskeller *K* zum Lagern (Faulen) der gekneteten Masse. Im Magazine dienen vorspringende Fülltrichter *R R* zum Einstürzen der angefahrenen Materialien, während zwei Aufzüge *A* und *L* das Souterrain mit den übrigen Etagen verbinden und den Verkehr sowohl wie die Bewegung der Materialien und Produkte zwischen jenen vermitteln. Im Parterre, **Fig. 68, Taf. VI**, befindet sich die Mahlvorrichtung, hier ein Kollergang *F* mit Transporteur, hier ein Schöpfrad, eine Siebvorrichtung *G*, ferner die Mischmaschine *I*, welche gleichfalls mit einem Schöpfrade in Verbindung steht zur Beförderung der gemengten Substanzen zur Knetmaschine *E*. *C* sind kastenartige Lagerräume für die mittels des Aufzugs *A* aus dem Souterrain heraufgeförderten rohen Thone etc., während *D* für die Handscheidung derselben bestimmt ist und die gereinigten Massen in die Kästen *E* gelangen. In *H* endlich werden die gemahlenen und gesiebten Materialien aufbewahrt. Von der Knetmaschine *E* aus wird die Masse mittels des Aufzugs *L* in den Faulkeller und ebenso aus diesem letzeren zurück zum Walzwerke *w* geschafft, von welchem sie weiter entweder zur Hafen- und Steinpresse *P* oder mittels des Aufzugs *L* in die erste oder zweite Etage gelangt. Endlich befindet sich im Parterre noch der Brennofen *B* für die feuerfesten Produkte, welchem die letzteren aus den oberen Etagen durch Vermittelung des Aufzugs *A* zugeführt werden, sowie das Kesselhaus *O* und die Dampfmaschine *N*. Zur Verbindung

---

*) Le verre et le cristal. Paris 1883.

der einzelnen Apparate untereinander sind hier, wie auch in den übrigen Etagen, Eisenbahngleise nebst den nötigen Weichen und Drehscheiben in ausgiebigster Weise angeordnet.

Die Längsachse der ersten Etage, **Fig. 69, Taf. VI**, nimmt eine Trockenkammer EE_1 ein, deren aus Hohlsteinen in Fachwerk ausgeführte Wände einerseits einen halben Stein, anderseits einen Stein stark sind. Diese Kammer sowohl, welche an ihren schmalen Seiten mit Eingängen versehen ist, wie die die verbleibenden Seitenräume, stehen durch Kanäle und röhrenartige Latten, welche in der Zeichnung durch gekreuzte Schraffierung bezeichnet sind, mit den im Souterrain oder im Parterre aufgestellten Heizapparaten xx anderseits aber mit Ventilationsschächten rr verbunden; ausserdem sind alle 3 Räume durch bewegliche Rouleaus behufs besserer Regulierung der Temperatur in je zwei Abteilungen geteilt. Diese Regulierung findet in der Weise statt, dass bei lC, wo die Former arbeiten, eine Temperatur von 20^0 herrscht, während sie am entgegengesetzten Ende des Gebäudes in den beiden äusseren Räumen auf 25^0 gestiegen ist. Im zunächst gelegenen Teile der mittleren Kammer erreicht sie dann 30^0, um allmählich auf 40^0 und schliesslich auf 50^0 zu steigen. Bei B und E befinden sich je zwei Former, denen als Gestell für die Hafenbretter vierräderige Wagen c, c dienen, welche auf Gleisen a, b laufen. Jeder Former liefert täglich einen Hafen, worauf die Wagen mittels der Haspel TT um eine Wagenlänge fortgerückt und bei C und B zwei leere Wagen eingeschoben werden. Sind endlich die ersten Wagen bei T angekommen, so werden die Häfen umgelegt und die Wagen gelangen über das Verbindungsgleis und die Drehscheiben in die Kammer E, in welcher sie abermals durch die Haspel $T_1 T_1$ fortgerückt werden, so dass schliesslich für je 4 Häfen, welche bei B und C täglich geformt werden, bei T_1 T_1 4 trockne Häfen die Kammer verlassen.

Die Gleise DD_1 dienen dazu, die trocknen Häfen zu den Aufzügen A und L, welche sie ins Parterre schaffen, zuführen und ebenso die Former mit den gleichfalls mittels der Aufzüge zurückbeförderten leeren Wagen zu versehen.

Die übrigen Etagen des Gebäudes dienen lediglich der Fabrikation von feuerfesten Steinen, Platten u. s. w.

Wie bereits oben erwähnt, geschieht die Heizung des Gebäudes durch eine Anzahl Perretscher Etagenöfen. Dieser auch in Deutschland (D. R. P. Nr. 10656) patentierte Apparat hat sich in kurzer Zeit ein weites Gebiet der Anwendung in fast allen Zweigen der Industrie erworben; er dient ebenso zur Beheizung von Trockenräumen für die Glas- und die gesamte Thonwarenindustrie, für Webereien, Bleichereien, Färbereien, Papierteigwaren, und chemische Fabriken aller Art, als auch für Verdampfungs-, Luft- und Wasserheizungsapparate. Der hauptsächlichste Vorzug dieses Ofens ist, dass sich in demselben Brennstoffe verwerten lassen, welche ihres Aschenreichtums oder ihrer Staubform wegen in keiner anderen Heizungsanlage angewendet werden können. Solche Stoffe z. B. Staub von nicht backenden, anthracitischen Steinkohlen und Koks, aber auch von Braunkohlen und Torf, Schlamm aus den Wäschen der Steinkohlen, kohlenhaltige Schiefer, ja selbst Aschen von Rostfeuerungen, welche oft 30 bis 50 Prozent brennbare Substanzen

enthalten, kommen oft in grossen Massen vor und sind zu niedrigsten Preisen zu haben, sind aber im Perretofen noch zu verwenden, sobald sie nur 25 Prozent brennbare Bestandteile enthalten. Entsprechend seinem Zwecke besitzt der Ofen keinen Rost, welcher durch das staubförmige Brennmaterial verstopft werden oder dasselbe durchfallen lassen würde; die Verbrennung des letzteren geschieht vielmehr in der Weise, dass es, in dünner Schicht auf etagenartig übereinander angeordneten Platten ausgebreitet, einem Strome heisser Luft ausgesetzt wird. **Fig. 71, Taf. V**, stellt den Ofen im Längenschnitt dar, **Fig. 72, Taf. V**, ist Querschnitt desselben. Hiernach hat der letztere sechs Etagen, welche von feuerfesten Thonplatten, die der grösseren Haltbarkeit wegen schwach gewölbt sind und in den Stossfugen mit Falzen ineinander greifen, gebildet werden. Vier Thüren T, von denen die drei oberen für je 2 Etagen gemeinschaftlich bestimmt sind, ermöglichen die Bedienung des Apparats, welche hauptsächlich darin besteht, dass man das Brennmaterial mittels einer Scharre allmählich von der höher gelegenen Etage auf die nächst untere schafft, dementsprechend die unterste, ausgebrannte, Schicht jedesmal aus dem Ofen entfernend und auf die oberste Etage neues Brennmaterial aufgebend. Diese Arbeit wird je nach Bedürfnis 1 bis 4 mal in 24 Stunden vorgenommen. Eingeleitet wird der Betrieb in der Weise, dass man zunächst auf dem der untersten Etage vorgelegten Roste ein Holzfeuer unterhält um die erste Etage rotwarm zu machen, worauf dieselbe mit Brennmaterial beschickt wird, welches sich sofort entzündet und auch die zweite Etage zum Erglühen bringt. Auch diese letztere wird nun mit Brennmaterial versehen und man fährt sodann in derselben Weise fort, bis sämtliche sechs Etagen beschickt sind. Die Luft tritt in der untersten Etage ein und durchzieht dann die Zwischenräume, welche zwischen der Oberfläche der Brennmaterialschichten und der darüberliegenden Platte verblieben und einige Zentimeter weit sind, um endlich durch ein Rohrsystem R und R_1 sowie das Abführungsrohr S in die Esse zu entweichen. Durch den Kanal C tritt ferner die in der oberen Heizkammer zu erwärmende Luft ein; sie umspült zunächst die Röhren R_1 in dem unteren, durch die Platte A abgetrennten Raume oder Heizkammer, in diesem bis zur Vorderwand des Ofens ziehend, dann die Röhren R, welche zwischen den Platten A und B liegen und sammelt sich dann in dem über B liegenden Raume um von hieraus durch die Lutten $O O_1$ den zu erwärmenden Lokalen zugeführt zu werden.

Die Leistungsfähigkeit des Apparats kann in ziemlich weiten Grenzen schwanken. Arbeitet man bei geringem Wärmebedarf mit nur schwachem Luftzuge und beschickt dementsprechend die obere Etage nur einmal in 24 Stunden, so kann man den Brennstoffverbrauch der oberen Etage auf etwa 2 kg pro Stunde und Quadratmeter Fläche beschränken (den Brennstoff als aschenfreies Material gerechnet), während man bei forciertem Betriebe diesen Verbrauch bei entsprechend grösserer Wärmeproduktion auf 8 kg mit Leichtigkeit zu steigern vermag.

Die Lagerräume für fertige Ware und die Packkammer werden zweckmässig in der Nähe des Kontors placiert, und erhalten also ihre Stelle in dem anderen Flügel des Etablissements.

Das Bedürfnis für gutes Trinkwasser muss durch einen Brunnen befriedigt werden, der so anzulegen ist, dass er von allen Lokalitäten, wo gearbeitet wird, leicht erreicht werden kann; wenn nicht ein Fluss oder Bach den Bedarf an Wasser für die Fabrikation deckt, so ist die Anlage von unterirdischen und bedeckten Zisternen zu empfehlen, in die man das von den Dächern der Fabrikgebäude kommende Regenwasser durch verdeckte Kanäle eintreten lässt. Von der Zisterne aus kann man alsdann das Wasser nach dem Punkte hinleiten, wo man dessen am häufigsten benötigt ist und mittels einer Pumpe entnehmen kann. Auf diese Weise wird man sich für den grössten Teil des Jahres mit Wasser versorgt sehen, welches für die meisten Zwecke tauglicher ist als Brunnen- oder Flusswasser.

Das vorstehend Gesagte enthält nur die bei Errichtung einer Glasfabrik hauptsächlich ins Auge zu fassenden Momente; die Ausführung in den Einzelheiten wird viel zu sehr von der Oertlichkeit bedingt, als dass sich hierfür allgemeingültige Regeln aufstellen liessen; eine besonders wichtige Unterstützung bei Errichtung einer Glasfabrik bietet der Besuch ähnlicher Anstalten, und ein solcher sollte daher ohne die dringendste Veranlassung niemals unterlassen werden. Man lernt hierdurch am besten, d. h. durch den Augenschein, alle Bedürfnisse und die Art und Weise, wie sie am zweckmässigsten befriedigt werden, kennen. Nur zu oft ist man geneigt, manche derselben als nebensächlich zu betrachten, indem man nicht bedenkt, dass viele derselben im Verlauf des Tages sich sehr oft wiederholen; bei einem Wege zum Wasser, der doppelt so lang ist als er zu sein brauchte, kostet die Herbeischaffung des Wassers auch doppelt soviel Zeit, und nirgends bewahrheitet sich der Spruch: „Zeit ist Geld" überzeugender als in einem Fabrikgeschäft. Wie man aber auch seine Einrichtungen treffen möge, so vergesse man niemals, bei der ersten Anlage auf eine mögliche Erweiterung derselben Rücksicht zu nehmen; sei es in der Erwerbung des nötigen Grund und Bodens von vornherein, indem nachträgliche Ankäufe oft nur schwierig und mit grossen Kosten zu bewirken sind, sei es in der Disposition der Gebäude selbst.

2. Die Oefen.

Unter den zur Glasfabrikation nötigen Oefen nimmt der Schmelzofen die erste Stelle ein; er dient zum Schmelzen der in besonderen Schmelzgefässen, den Häfen, die er zu diesem Behufe aufzunehmen hat, oder in wannenartigen Vertiefungen enthaltenen Glasmaterialien zu Glas. Da die geschmolzene Masse beiihrer Verarbeitung ein um so schöneres, reineres Glas liefert, je dünnflüssiger sie ist, und da sie unter sonst gleichen Umständen um so dünnflüssiger erhalten wird, je höher die Temperatur des Ofens ist, so wird die nächste Aufgabe immer darin bestehen, dem Schmelzofen eine solche Konstruktion zu geben, welche bei möglichster Beschränkung des Verbrauchs an Brennmaterial eine möglichst hohe Temperatur zu erreichen ermöglicht. Die Schwierigkeit, diese beiden, das Gedeihen des ganzen Unternehmens bedingenden und darum unerlässlichen, Forderungen zu vereinigen, ist es aber nicht allein, was der Erbauung eines guten Schmelzofens so mancherlei Hindernisse in den Weg legt; letztere

werden noch dadurch vermehrt: 1) dass die Glasöfen sehr hohen Hitzgraden widerstehen müssen und grossen Temperaturveränderungen ausgesetzt sind, so dass der Ofen in fortdauernder Bewegung, indem er sich das eine Mal ausdehnt, das andere Mal zusammenzieht, sich befindet; 2) dass darin Stoffe verschmolzen werden, die sich zum Teil verflüchtigen und vermittelst der hohen Temperatur sich mit den Materialien, aus welchen der Ofen gebaut ist, verbinden; 3) dass das Glas keine Verunreinigungen, die es trübe machen, erfahren darf, indem es hierdurch sehr an Wert verlieren würde; 4) dass die Schmelzgefässe von Zeit zu Zeit ausgewechselt werden und daher mit Leichtigkeit, ohne dass der Ofen oder sie selbst Schaden nehmen, sich müssen ein- und ausbringen lassen; 5) dass viele Arbeiten vorkommen, die wie das Einsetzen der Häfen, bei höherer Temperatur in dem Ofen selbst vorgenommen werden müssen. Man sieht, die Erfüllung dieser so verschiedenartigen Anforderungen ist keine leichte Sache; sie war daher Veranlassung, dass Theorie und Praxis fortdauernd mit der Lösung dieses Problems sich beschäftigt haben und wir werden später Gelegenheit haben, die grossen Fortschritte im Ofenbau, welche besonders die neuere Zeit zu verzeichnen hat, kennen zu lernen.

Der Bau der Schmelzöfen. Nach den oben näher bezeichneten Anforderungen, denen der Ofen zu entsprechen hat, muss derselbe aus dem besten Materiale, einem vollkommen feuerfesten Thone, oder auch in einzelnen Teilen aus Sandsteinen ohne Kalkmörtel, oder ein anderes Bindemittel ausser Thon, konstruiert werden. Nach dem Zustande, in welchem man den feuerfesten Thon anwendet, unterscheidet man drei Methoden des Ofenbaues: 1) den Bau aus weichen Steinen, aus Masse; 2) den Bau mit geformten und getrockneten Steinen; und 3) den Bau mit zuvor gebrannten Steinen.

Bei dem Bau nach der ersten Methode werden die Teile des Ofens unmittelbar mit den aus der Thonmasse frisch geformten und geschlagenen Ofensteinen, nachdem diese soweit abgetrocknet sind, dass eine 8 bis 12 m hoch herabfallende Bleikugel nur um ihren Halbmesser tief einsinkt, bei welcher Härte sie noch starke Schläge mit einem Bläuel ertragen, ohne zu zerbrechen, zusammengesetzt, indem man die Flächen da, wo man sie übereinander legt, mit einem Brei von derselben Thonmasse bestreicht, und die einzelnen Stücke durch starkes Schlagen mit Bläueln aus dichtem Buchenholz zusammenfügt und ineinanderpresst, so dass das Ganze, gewissermassen neu durchgeknetet, ohne Fugen sich zu einer einzigen Masse vereinigt und den ganzen Ofen samt dem Gewölbe in einem einzigen Stücke darstellt. Das Ganze wird dann mit Packtuch bedeckt, bei der gewöhnlichen Lufttemperatur, also entfernt von einem im Betriebe befindlichen Ofen, einer sehr allmählichen Abtrocknung überlassen, während das Bläueln in der ersten Zeit öfter, später seltener wiederholt wird, um die Masse in dem Grade, als sie austrocknet, noch mehr zusammenzupressen und dichter zu machen. Zuletzt wird an den einzelnen Teilen der Thon, da wo es nötig ist, weggeschnitten und abgeschabt, um dem Ofen die verlangte Form zu geben. Nach 4 bis 5 Monaten wird zuerst mit ganz geringem Feuer angewärmt, und so einen Monat durch fortgefahren, worauf man dann die äussere Umkleidung des Ofens aus Mauerwerk herstellt, die Kappe des Gewölbes aber unbedeckt

lässt, oder nur mit einer Lage Asche oder Sand überschüttet. Obgleich diese Oefen, wenn sie gut gearbeitet und mit der nötigen Vorsicht vollkommen getrocknet worden sind, sehr dauerhaft sind, wenig abtropfen, und sich aus diesem Grunde ganz besonders zum Schmelzen von feinem Glase in offenen Häfen eignen würden, so hat man sie doch wegen der langen Zeit, die sie zum Trocknen gebrauchen (5 bis 6 Monate) und die für den Betrieb geradezu verloren ist, und weil man im Hüttengebäude nur einen einzigen solchen Ofen würde aufstellen können, fast gänzlich verlassen.

Weit häufiger verwendet man zum Ofenbau die für jede Stelle, die sie im Ofen einnehmen sollen, eigens geformten und an der Luft getrockneten Steine, von denen man stets den Bedarf für einen Ofen, der Zahl und Gestalt nach, vorrätig hält. Dies gewährt den Vorteil, den neuen Ofen in sehr kurzer Zeit herstellen zu können, so dass man bei dieser Konstruktion nicht einmal soviel Wochen gebraucht, als bei dem Bau mit Masse Monate vergehen. Bei dem Bau werden die Steine gut aneinander gerieben, damit möglichst glatte Flächen entstehen, die dann mittels eines Thonbreies miteinander verbunden werden, wobei man, damit nur ganz schwache Fugen entstehen, die Steine solange drückt und schiebt, bis keine Thonmasse mehr ausgepresst wird. Das starke Schwinden des Thons verursacht, dass zumal im Gewölbe und an den Kanten der Steine, Risse und Spalten entstehen, in die das verflüchtigte Alkali eindringt und ein Abtropfen des Alkalithonsilikats veranlasst. Auch diese Oefen bedürfen eines langsamen und vorsichtigen Anwärmens.

Besser und dauerhafter, und auf den besseren Werken auch am gewöhnlichsten, ist der Bau mit gebrannten Ofensteinen. Aus diesen lässt sich der Ofen binnen drei Wochen aufbauen und in Betrieb setzen; bei dem Bau selbst hat man dieselbe Sorgfalt aufzuwenden, wie bei dem mit an der Luft getrockneten Steinen: es müssen die einzelnen Werkstücke gut auf- und aneinander gerieben werden, damit möglichst dünne Fugen entstehen, nachdem man dieselben zunächst mit Lineal, Winkel und Meissel auf allen Flächen wohl zugerichtet und auf einem mit Sand oder gebranntem Thone bestreuten Brett gerieben und geschliffen hat.

Als Mörtel darf man nur einen dünnen Brei anwenden, den man aus Abfällen von getrockneten Steinen und Wasser bereitet. Beim Legen eines Steines auf einen anderen bringt man ihn genau an seine Stelle, und reibt ihn auf dem, der ihm zur Unterlage dient, solange, bis die beiden Flächen sich auf allen Punkten berühren; hierauf nimmt man ihn wieder auf, und giesst mittels einer Mauerkelle von dem Mörtel auf den unteren Stein, legt schliesslich den neuen darauf und schiebt ihn von einer Seite zur anderen, damit der Thonbrei gleichmässig ausgearbeitet werde und keine Luftblasen zurückbleiben. Um dem Ganzen mehr Festigkeit zu geben, muss man die Fugen gut mit Mörtel ausstreichen und bedecken; mittels Setzwage, Winkelmass und Richtschnur sorgt man für Aufrechterhaltung der vorgeschriebenen Dimensionen. — Baut man den Ofen aus an der Luft getrockneten Steinen, so schneidet man mittels der Säge die zu langen Steine ab, und mittels eines Bohrers aus Stahl stellt man leicht die nötigen Oeffnungen her.

Welche Sorgfalt man aber auch auf die Erbauung eines Schmelzofens verwendet haben mag, so hat man sich doch stets zu vergegenwärtigen, dass derselbe während der Dauer einer Kampagne in Bezug auf seine pyrometrische Leistung nicht derselbe bleibt. Abgesehen von den Veränderungen, die er durch die abwechselnden Ausdehnungen und Zusammenziehungen erleidet, lassen sich drei verschiedene Perioden während seiner Funktion unterscheiden. In der ersten, die jedoch bald vorüber geht, sind die Ofenwände noch nicht genügend durchwärmt; es hält daher schwer im Schmelzraume die höchste Temperatur zu erzeugen. Die zweite Periode, welche nach völliger Durchwärmung des Mauerwerks eintritt, kann als diejenige der grössten Leistungsfähigkeit bezeichnet werden, während in der dritten die Temperatur wieder herabsinkt und ein vermehrtes Abschmelzen des Mauerwerks sowie eine Verunreinigung des Glases stattfindet, indem das Abgeschmolzene in die Häfen gelangt.

Diese letzteren Erscheinungen erklären sich zum Teil daraus, dass sich während der Schmelzperiode (Kampagne) der innere Raum des Ofens sowohl durch das Dichterwerden, sowie durch das Abschmelzen seiner Masse allmählich erweitert, zum Teil daraus, dass die dichter gewordene Ofenmasse zugleich ein besserer Wärmeleiter geworden ist, und daher mehr Wärme als anfänglich nach aussen abgibt, zum Teil endlich daraus, dass das ursprünglich mehr rauhe Gewölbe glasiert worden ist und dadurch einen grossen Teil seines Ausstrahlungsvermögens eingebüsst hat.

Aus dem vorstehend Gesagten erhellt zur Genüge, dass man während der Dauer einer Kampagne in demselben Ofen nur dann Glas von derselben Zusammensetzung darstellen kann, wenn man von vornherein einen nicht zu schwer schmelzbaren Satz in Anwendung bringt.

Die Grösse der Oefen bemisst sich hauptsächlich nach dem Umfange des Betriebs, resp. nach der Grösse des Absatzes. Man wird daher den Ofen stets so gross bauen, dass die täglich zu verarbeitende Glasmasse darin geschmolzen werden kann. Da grössere Oefen, um dieselbe Menge von Glas zu schmelzen, weniger Brennmaterial bedürfen, als kleinere, so würde man einen Fehler begehen wenn man den Bedarf in zwei kleineren Oefen schmelzen wollte. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass man auch, und zwar aus praktischen Rücksichten, die Grösse nicht über ein gewisses Mass hinaus ausdehnen darf, so dass man den runden, quadratischen und elliptischen Oefen höchstens einen Durchmesser von 2,5 m gibt, während man bei den länglich-viereckigen den Längsdurchmesser von 3,75 m und den Querdurchmesser von 2,5 m nicht leicht überschreitet.

Man gibt den Oefen wie schon angedeutet, entweder eine runde, eine elliptische, eine quadratische oder länglich-viereckige Gestalt; früher scheinen hauptsächlich die runden Ofen in Gebrauch gewesen zu sein; doch trifft man sie auch jetzt noch an, namentlich in Böhmen und den älteren deutschen Glashütten; in England gibt man ihnen zur Fabrikation von Kristallglas den Vorzug. In Frankreich und Belgien wendet man fast ausschliesslich länglich-viereckige Oefen an; in neuerer Zeit haben sie jedoch auch in Deutschland neben elliptischen und quadratischen mehr und mehr Eingang gefunden. Im allgemeinen werden die quadratischen und länglichen Oefen vor den

runden den Vorzug verdienen, indem sie für gleiche Dimensionen der Häfen eine kleinere Grundfläche des Schmelzofens bedingen, also einen kleineren Schmelzraum darbieten, wodurch offenbar an Brennmaterial erspart wird; freilich aber lässt sich auch nicht verkennen, dass die quadratische oder rechteckige Form der Oefen den Nachteil mit sich bringt, dass die Glasmacher rücksichtlich des ihnen zur Verfügung stehenden Arbeitsraumes weit mehr beschränkt sind, als an runden Oefen, was namentlich dann schwer ins Gewicht fällt, wenn bei der Fabrikation sehr kleiner Gegenstände zwei oder gar noch mehr Glasmacher aus einem verhältnismässig kleinen Hafen arbeiten müssen. Wegen der divergierenden Scheidewände wird in solchem Falle daher der runden Form des Ofens der Vorzug zu geben sein.

Im allgemeinen ist der Schmelzofen ein Flammofen; denn da das Schmelzen des Glassatzes so aufgefasst werden muss, dass die Schmelze nicht durch Aschen- oder Kohlenteilchen verunreinigt werde, darf sich das Brennmaterial nicht in dem Schmelzraum selbst befinden, sondern hat nur durch seine Verbrennung die zum Schmelzen erforderliche Hitze zu liefern.

Wie nun die neuere Zeit auf dem Gebiete fast aller Industriezweige unzähliges Neue geschaffen, so treten auch die Schmelzöfen der Glasindustrie jetzt in zahlreichen Variationen auf, die von Tag zu Tag durch weitere Konstruktionen vermehrt werden, während frühere Jahrhunderte, wie in so mancher anderen, so auch in dieser Beziehung als äusserst konservativ erscheinen.

Ueber die Oefen der ältesten Zeiten ist uns wenig bekannt; denn aus der von Gardner Wilkinson*) nach den Reliefs der Königsgräber von Beni Hassan wiedergegebenen Abbildung eines abgestumpft-konischen, an seinem Fusse mit Feuerungen versehenen Ofens, welche sich auch in Henrivauxs**) Werke findet, lässt sich die nähere Konstruktion des Apparats in keiner Weise erkennen. Ebensowenig ist die von Plinius***) gegebene Beschreibung eines römischen Glasofens geeignet, eine bestimmte Anschauung von der Einrichtung eines solchen gewinnen zu lassen. Theophilus Presbyter†) ist der erste, welcher eine vollständige Bauinstruktion uns hinterlassen hat, nach welcher sein Ofen einen oblongen Bau repräsentierte, welcher aus einem grösseren Schmelzraume mit 4 Häfen und 2 Schüröffnungen, sowie einem durch eine Schiedmauer von dem Schmelzraume getrennten Frittraume bestand.

Die Feuerungen sind sehr unvollkommen; sie sind gebildet durch grosse, weite Räume unterhalb des Schmelzraums, auf deren flacher, nicht durchbrochener Sohle grosse Quantitäten Holz nur unvollkommen verbrennen, dabei wenig hohe Temperaturen, aber viel Rauch liefernd. Noch Jahrhunderte hindurch bleiben die Feuerungen in diesem Zustande und selbst Agricola, welcher Venedig-Murano zur Zeit der grössten Blüte besuchte, kennt kaum andere. In seinem Werke „de re me-

---

*) The Manners and Customs of the ancien Egyptians.
**) Henrivaux, le verre et le cristal.
***) Historia naturalis 36.
†) Diversarum artium schedula Ed. Ilg. 2. 1.

tallica"*) sagt derselbe gelegentlich einer Beschreibung der Glasmacherkunst:

„Einige Glasmacher haben drei Oefen, andere haben nur zwei, andere endlich nur einen: diejenigen, welche drei Oefen haben, schmelzen das Gemenge in dem ersten Ofen, im zweiten schmelzen sie es um und lassen die gläsernen Gefässe oder die übrigen Werkstücke in dem dritten erkalten.

Der erste Ofen, **Fig. 72 a, Taf. VIII**, soll überwölbt und einem Backofen ähnlich sein. In seiner obern Abteilung, welche 6 Fuss lang, 4 Fuss breit und 2 Fuss hoch ist, erhitzt man bei starkem Feuer aus trocknem Holze das Gemenge, bis es schmilzt und in Glasmasse übergeht und da diese noch nicht von Galle rein ist, nimmt man sie nach dem Erkalten heraus und zerbricht sie in Stücke. In demselben Ofen wärmt man auch die Häfen an, welche zur Aufnahme des Glases bestimmt sind.

Der zweite Ofen, **Fig. 72 b, Taf. VIII,** ist rund, 10 Fuss weit und 8 Fuss hoch. Zur Verstärkung wird er mit 5 Bögen von 1½ Fuss Stärke umgeben. Dieser Ofen besteht ebenfalls aus zwei Abteilungen. Das Gewölbe der unteren Kammer ist 1½ Fuss stark und hat vorne eine enge Oeffnung, um durch dieselbe das Holz auf den Herd werfen zu können, welcher auf der Sohle derselben eingerichtet ist. Im Scheitel des Gewölbes befindet sich in dessen Mitte eine grosse runde Oeffnung, welche nach der obern Kammer führt, damit die Flamme in dieselbe hineinschlagen kann. In der Mauer der oberen Kammer aber befinden sich zwischen den Bögen 8 Oeffnungen von solcher Grösse, dass man durch dieselben die bauchigen Häfen auf der Sohle der Kammer ringsum die weite Oeffnung aufstellen kann; diese Häfen haben eine Wandstärke von 2 Zoll, eine Höhe von ebensoviel Fuss, eine Weite des Bauchs von 1½ Fuss, eine solche der Mündung und des Bodens von 1 Fuss.

In der Rückwand des Ofens befindet sich eine viereckige Oeffnung eine Spanne hoch und breit, durch welche die Hitze in den dritten damit verbundenen Ofen eintreten kann. Dieser letztere Ofen ist viereckig, 8 Fuss lang, 6 Fuss breit und besteht ebenfalls aus zwei Kammern, von denen die untere vorn eine Oeffnung hat, um durch dieselbe Holz auf den Herd werfen zu können, welcher sich ebenfalls auf jenes Boden befindet. An jeder Seite dieser Oeffnung befindet sich eine Nische zur Aufnahme eines länglichen Gefässes von gebranntem Thone, welche ungefähr 4 Fuss lang, 2 Fuss hoch und 1½ Fuss breit ist. Die obere Kammer hat zur Rechten und zur Linken je eine Oeffnung, so hoch und weit, dass durch dieselbe Kästen eingeführt werden können, welche 3 Fuss lang, 1½ Fuss hoch, unten 1 Fuss breit und oben abgerundet sind. In dieselben bringt man die geblasenen Glasgegenstände, damit sie sich abkühlen; denn wenn dieselben nicht in dieser Weise allmählich erkalten, so würden sie zerbrechen. Man zieht sodann die Kästen aus der obern Kammer, setzt sie in die Nischen und lässt sie völlig erkalten.

---

*) Textübersetzung und Abbildungen nach: Agricola: de re metallica. Basiliae MDLXI.

Diejenigen, welche nur zwei Oefen haben, schmelzen teils ihre Masse im ersten Ofen und im zweiten schmelzen sie nicht nur dieselbe um, sondern legen dort auch die Waren ab, teils nehmen sie das Schmelzen und Umschmelzen des Gemenges in getrennten Kammern des zweiten Ofens vor und bringen die Waren zum Kühlen in den dritten. So fehlt jenen der dritte Ofen, diesen der erste. Aber dieser letzteren zweiter Ofen (**Fig. 72c, Taf. VIII**) ist von dem der ersteren verschieden; auch er ist zwar rund, aber sein Innenraum ist 8 Fuss weit und 12 Fuss hoch und enthält drei Kammern, deren unterste der unteren Kammer des zuvor beschriebenen zweiten Ofens nicht unähnlich ist. In der Mauer der mittleren befinden sich sechs Gewölbe, welche bis auf kleine Fenster mit Lehm verstrichen werden, nachdem man die angewärmten Häfen hineingesetzt hat. Oben in der Mitte dieser mittleren Kammer ist eine viereckige Oeffnung eine Spanne lang und ebenso breit, durch welche die Hitze sich in die obere Kammer verbreitet, die ihrerseits in ihrer Hinterwand eine Oeffnung hat, durch welche man in einem langen Kasten die Gläser behufs allmählicher Abkühlung einsetzen kann. An dieser Stelle ist die Hüttensohle erhöht oder es ist dort eine Bank vorhanden, damit die Arbeiter auf diese steigen und ihre Werkstücke bequemer ablegen können.

Diejenigen Glasmacher aber, denen der erste Ofen fehlt, bringen, nachdem sie ihr Tagewerk vollbracht haben, ihr Gemenge abends in die Häfen. Dasselbe schmilzt während der Nacht und wird zu Glas. Zwei Lehrjungen aber unterhalten abwechselnd während der Nacht das Feuer mit auf den Herd gelegten trocknem Holze. Diejenigen aber, welche nur einen einzigen Ofen besitzen, bedienen sich eines solchen, welcher aus drei Kammern besteht: Sie bringen wie die vorigen am Abend das Gemenge in die Häfen, arbeiten es am andern Morgen, nachdem sie es geläutert haben, aus und legen die fertigen Waren in die obere Kammer ab.

Der zweite Ofen, mag er nun zwei oder drei Kammern haben und ebenso auch der erste, wird aus ungebrannten, an der Sonne getrockneten Ziegeln erbaut, die aus einer Erde, welche im Feuer nicht schmilzt und nicht zu Staub zerfällt, gefertigt wurden. Diese Erde muss von allen Steinen gereinigt sein und mit Schlägeln geschlagen werden; die Ziegel aber werden mit derselben Erde statt des Kalks vermauert. Die Häfen und Gefässe werden aus derselben Masse gefertigt und im Schatten getrocknet."

Solcher und ähnlicher Oefen haben sich die Glasmacher aller Länder noch Jahrhunderte lang bedient und Henrivaux*) will noch im Jahre 1881 in Venedig einen Ofen so primitiver Einrichtung gesehen haben, dass, wie er glaubt, Agricola ihn wieder erkannt haben würde. In Frankreich führte zu Ende des vorigen Jahrhunderts Dartigues als wesentliche Verbesserung den Rost auch bei Holzfeuerung ein, nachdem derselbe in England, wo man dazu übergegangen war, die Steinkohle als Brennmaterial in die Glasfabrikation einzuführen, aus diesem Grunde zuerst in Anwendung gekommen war. Aber nur äusserst langsam brach sich diese Verbesserung Bahn, weil man, namentlich da,

---

*) a. a. O. p. 141.

wo man Holz verfeuerte, angesichts der Schwierigkeit, den Rost mit dem sehr locker liegenden Brennmaterial stets vollständig bedeckt zu halten, fürchtete, durch einströmende kalte Luft die Häfen zu schädigen oder gar zum Brechen zu bringen. Deshalb blieben besonders in Deutschland und Böhmen noch lange Oefen mit den einfachsten „Schüren", die aber entgegen der alten Einrichtung direkt in den Schmelzraum verlegt und an jeder Seite des Ofens mit einem Schürloche versehen waren, im Gebrauch. Diese Oefen, **Fig. 73a, Taf. VIII**, zeigt einen Längsschnitt, **Fig. 73b, Taf. VIII**, einen Horizontalschnitt desselben, von den Franzosen *„fours allemands"* genannt, waren sehr einfach konstruiert; die den oblongen Ofen in seiner Mittellinie durchziehende Schüre schlossen rechts und links starke Mauern, die „Bänke", ein, auf welchen letzteren die Häfen standen, während an beiden schmalen Seiten des Ofens die über das Mauerwerk hervortretende und hier, die „Tonne" bildend, überwölbte Schüre durch das Vorwandgestell geschlossen war, dem wir auch an Oefen vollkommenerer Konstruktion begegnen und bei dieser Gelegenheit eingehender kennen lernen werden.

Indes konnten auch die ängstlichsten Gemüter auf die Dauer einer Würdigung der Vorzüge, welche eine bessere Luftzufuhr in Bezug auf Brennmaterialersparnis und erreichbare Temperatur im Gefolge hatte, sich nicht verschliessen und so ging man allmählich dazu über, unter der Sohle der Schürgrube einen Kanal, der gleichzeitig als Aschenfall diente, durchzuführen und jene aus einzelnen Bögen durchbrochen herzustellen. Den Grund des Ofens, den **Fig. 74, Taf. VIII**, im Längsschnitte zeigt, bildete nunmehr ein starkes oder doppeltes Steinpflaster, über dieses kam ein Ziegelpflaster, auf welchem dann die Tonne, jenachdem der Ofen auf mehr oder weniger Häfen berechnet war, bei einer Breite von 0,53 m etwa 3 bis 4,4 m lang und 0,7 m hoch angelegt wurde. Ueber die Enden des so gebildeten Kanals wurden die „Gewölbungen", über den mittleren Teil aber 3 den Rost bildende Bögen gespannt.

Ueber den Gewölbungen schlossen dann weitere Gewölbe, Geschössel genannt, die Tonne, während die Seitenwände der Tonne allmählich zur Piepe, d. h. der Oeffnung, durch welche die Flamme in den Schmelzraum schlug, sich zusammenziehend, bis zur Oberkante des Geschössel aufgeführt und mit dieser zur Bank oder dem Gesäss, die sich so mit rings um den Ofen herumzog, abgeglichen wurde. Die Bank umschloss der „Ring", ein Mauerwerk von der Höhe der Häfen und auf diesem sass die „Ofenkappe" oder „Kuppe", welche den Ofen oben bedeckte. Sie wurde entweder aus feuerfesten Ziegeln gewölbt oder aus Masse über Lehrbögen geschlagen. Am untern Teile der Kappe, über dem Ring, befand sich vor jedem Hafen ein Arbeitsloch, durch welches der Arbeiter das Glas aus dem Hafen nahm. Vor jedem Arbeitsloche lag ein breiter, grosser Granitstein, „Formstein" genannt, auf welchen der Arbeiter das Blasrohr nebst dem Heft und Eintrageeisen, aber auch die halbfertigen Arbeitsstücke auflegte, erstere um sie stets heiss zu erhalten, letztere um sie abzuschlagen, umzudrehen und an das Hefteisen zu heften. Unter dem Formsteine ging durch den Ring ein „Glutloch" nach jedem Hafen, durch welches der letztere auf der Bank umgedreht und gesetzt werden konnte, das aber dann durch

passende Glutlochstöpsel oder Vorsätze geschlossen wurde. Dem Ofen war, wie die Figur zeigt, in der Regel ein Kühlofen angebaut.

In Frankreich namentlich bildete sich in der Folge eine Ofenkonstruktion aus, welche, mit den nötigen Abänderungen, ebenso für Holz- als für Steinkohlenfeuerung verwendet, bald allgemein, auch in den Spiegelgiessereien, in Gebrauch kam und bis in die neueste Zeit sich erhalten hat. An den Ofen wurden gewöhnlich vier Nebenöfen angebaut, welche teils als Kalcinierofen, teils als Fritt-, Temper- oder Kühlöfen dienten.

Die **Fig. 75** bis **80, Taf. IX,** stellen diesen Ofen in verschiedenen Durchschnitten dar. **Fig. 75** ist der Grundriss des Ofens in der Höhe der Bänke; *aaaa* bezeichnet den inneren Raum des Ofens von 2,40 m Länge und Breite; *bb* sind die Bänke; *B* ist eine Giessbank, auf welcher die Giesswanne steht, wenn der Ofen zugleich zum Spiegelguss dient; sie ragt über die Fläche der Bank hinaus und kann, wenn mehr Giessarbeit vorkommt, auch quer durch den ganzen Ofen gelegt werden, der alsdann um soviel Häfen weniger aufnimmt. Die Giessbank ist ferner etwa 3 cm höher als der übrige Teil der Bänke, um sie vom Herdglas möglichst frei zu halten. Der Giessbank liegt die Giessöffnung *C* gegenüber, die sich auch auf der anderen Seite befindet, wenn erstere quer durch den ganzen Ofen reicht. Soll der Ofen ganz zum Spiegelguss dienen, so ist vor jeder Arbeitsöffnung eine Giessöffnung vorhanden; die Bänke behalten hierbei ihre ganze Breite; *cccc* sind die Arbeitsöffnungen für jeden Hafen in der Höhe der Bänke; *C* ist eine Giessöffnung zum Ein- und Ausbringen der Wannen; *dddd* sind die Brustmauern aus gewöhnlichen Steinen zur Verstärkung der Umfassungsmauer des Ofens; *ee* sind die Herde der beiden Schürlöcher; *ff* die Roste in denselben für Holzfeuerung; über die Einrichtung der Roste für Steinkohlen wird an einer späteren Stelle gesprochen werden; *g* die Schlackengrube, in welcher die von der schmelzenden Asche entstehenden Schlacken, sowie das aus den Häfen etwa ausfliessende Glas sich ansammeln; *uu* der untere mit Backsteinen überwölbte Raum der Nebenöfen, zuweilen vorhanden, um einer Separatfeuerung als Aschenfall zu dienen.

Fig. 76, Taf. IX, ist der Grundriss des Ofens in der Höhe der Arbeitsöffnungen; *aaaa* der innere Raum des Ofens mit abgerundeten Ecken; *h* ein Hafen; *x* ein Giesshafen oder Wanne; *cccc* die Arbeitsöffnungen; *dddd* die äussere Brustmauer, auf welcher die die Arbeitsplätze trennenden Schirmwände *ssss* ruhen; *NN* zwei Nebenöfen zum Anwärmen der Häfen bestimmt; *MM* die beiden anderen Nebenöfen, die als Kühlöfen, sowie zum Anwärmen und Glühen der Schmelzmaterialien benutzt werden; *kkkk* Kanäle, Lünetten (Wandlöcher), durch welche die Flamme aus dem Schmelzofen in die Nebenöfen gelangt; sie sind an der Seite mit Schiebern versehen, um die Wärme beliebig regeln zu können; *ll* sind Feuerherde in den Nebenöfen, um in diesen, wenn es nötig ist, eine höhere Temperatur hervorbringen zu können; ihr Rost liegt 0,33 m tiefer als die Sohle des Ofens; *nnn* sind Häfen die vorgewärmt werden sollen, bevor sie in den Schmelzofen eingesetzt werden; *g* ist die Schlackengrube.

Fig. 77, Taf. IX, ist ein Durchschnitt des Ofens nach der Breite; *aaaa* sind die Abzugskanäle, die namentlich dann sehr sorgfältig angelegt werden mussten, wenn der Boden, auf welchen der Ofen zu stehen kam, feucht war; *b* der Sohlenstein, die Unterlage für die Bänke bildend; gewöhnlich verwendete man hierzu Sandsteinplatten (Gestellsteine) von 0,33 m Dicke und so lang, dass sie noch 0,33 m unter den Herd und so breit, dass sie ebensoviel unter die Bänke reichten; *c* eine Bank; *d* eine Giessbank, welche letztere etwa um 3 cm höher ist als die übrige Fläche der Bank, damit das ausgeflossene Glas nicht darauf stehen bleibe; *e* ein Giesshafen; *g* ist eine Esse, die über einer oder mehreren Arbeitsöffnungen angebracht wurde, um die aus den Häfen entweichenden Dämpfe oder den von der Feuerung kommenden Rauch abzuleiten; *hh* ist die Oeffnung der an dieser Stelle in die Nebenöfen führender Kanäle; *i* das entgegengesetzte Hafenthor.

Fig. 78, Taf. IX, ist ein Durchschnitt des Ofens nach seiner Länge; *aaaa* sind die Abzüchte; *gg* der Aschenfall mit dem darunter befindlichen Kanal *x*, welcher mit dem grossen die Luft zuführenden Kanale (der Rösche), wenn dieser überhaupt vorhanden ist, kommuniziert; *rr* sind die Roststäbe; *tt* die Herde, die 15 cm höher als die Schlackengrube *e* liegen; *f* die Bank; *g* die Giessbank; wenn diese quer durch den Ofen geht, so wird sie über der Grube überwölbt; *h* ein Hafen; *i* ein Giesshafen; *k* ein Aufbrechloch; *lll* sind Arbeitsöffnungen; *nn* die grossen Schürlochgewölbe (nicht überall mehr gebräuchlich); *oo* die kleinen Schürlochgewölbe.

Fig. 79, Taf. IX, ist die äussere Ansicht des Ofens von der Seite der Arbeitsöffnungen; *x* ist die Oeffnung für das Ein- und Ausbringen des Giesshafens; *aa* sind die Aufbrechlöcher; *eee* die Arbeitsöffnungen; *ff* Scheidewände, welche die Arbeitsplätze scheiden; *k* ist der Schieber, vermittelst welches der nach dem Nebenofen führende Kanal geschlossen werden kann; *gg* sind Quadersteine auf der Aussenmauer des Ofens, auf welchen rostförmig die Querbalken *hh* aufliegen und ein Gerüst bilden, auf welchem das Holz getrocknet (gedörrt) wird.

Fig. 80, Taf. IX, ist die äussere Ansicht des Ofens von der Seite der Schürlöcher; *oo* Oeffnungen die mittels des schon früher beschriebenen Vorwandgestells verschlossen gehalten werden; *aa* das grosse Schürlochgewölbe; *bb* eine 12,5 cm hervorstehende, 12 bis 16 cm dicke Platte, die den Aschenfall bedeckt und das Kreuz samt den Flügeln trägt; *c* ist der Aschenfall; *d* eine Oeffnung des Hafenanwärmofens; *ee* von oben bis unten mit Haken *rr* versehene eiserne Stangen, in welche eine Querstange eingelegt wird, um beim Umlegen des Hafens, wenn er aus dem Ofen genommen wird, das Werkzeug darauf zu stützen; *f* die Oeffnung zum Kalcinierofen; *gggg* sind die Quadersteine, auf die die hölzernen Balken *iii* aufgelegt werden.

In einem solchen Ofen verbrannte man bei einer fünfmaligen Arbeit wöchentlich 35 bis 36 Klaftern, à 108 Kubikfuss = 18 Ztr. Holz, und erhielt damit 170 Ztr. Glas. Es kamen demnach auf 1 Ztr. Glas 0,206 Klaftern oder 550 kg Holz im Werte — die Klafter 21 Mark gerechnet — von 4,32 Mark; 1 kg Glas kostete demnach 8,6 Pfge. an Holz.

Soll der Ofen mit Steinkohlen geheizt werden, so fällt die Schlackengrube *g* in **Fig. 76, Taf. IX**, weg; statt ihrer ist die Sohle durchbrochen und an dieser, anstossend an die beiden Roste *r r* ein Rost angefügt, der mit dem unterhalb befindlichen Raume des die ganze Länge des Ofens einnehmenden Aschenfalls kommuniziert.

Von den bisher betrachteten Oefen unterscheidet sich der etwa seit der Mitte der dreissiger Jahre in England gebräuchliche runde Bleiglasofen hauptsächlich durch die Konstruktion seiner Kappe, aber auch noch dadurch, dass sehr häufig mehrere solcher Oefen mit einem hohen Schornstein in Verbindung stehen, welcher nicht nur den Zug befördert, sondern auch den Rauch aus dem Hüttengebäude abzuleiten bestimmt ist.

Die **Fig. 81** bis **85**, **Taf. X**, zeigen den Ofen in verschiedenen Höhen- und Querdurchschnitten, sowie auch in seiner äusseren Ansicht. Der Ofen ist für 7 Häfen bestimmt, die auf den aus feuerfesten Thonsteinen errichteten und den Feuerraum einschliessenden Bänken aufgestellt werden. Die Umfassung bilden 7 Pfeiler, zwischen welchen in angemessener Höhe Bogen eingewölbt sind und mit jenen die Widerlager für die Kappe des Ofens bilden. Die Kappe ist aus Masse auf Lehrgerüsten geschlagen oder aus Formsteinen gewölbt, und befindet sich nur in der Mitte derselben und gerade über der Grube eine kreisrunde Oeffnung zum Abführen des Feuers und des Rauchs.

Um indessen jeden Hafen möglichst überall und gleichmässig zu erhitzen, befindet sich in jedem Pfeiler eine kleine Röhre, in welcher gleichhoch mit den Bänken und zwischen je zwei Häfen ein Fuchs einmündet. Das Feuer und der Rauch werden durch die Füchse in die Röhren und sofort in einen Raum geleitet, welcher sich über der Kappe des Ofens befindet und durch eine zweite über jener aus feuerfestem Thon geschlagenen oder aus feuerfesten Steinen gewölbten Kappe gebildet wird. Dieser Raum, in welchen auch noch die strahlende Hitze der Blendungsmauern (welche in den Arbeitsnischen vor den Häfen und ihren Hals umfassend aufgestellt sind), sowie aller in dem Hüttengebäude befindliche Rauch durch die in den, zwischen den Pfeilern eingewölbten, Bogen belassenen Schlitze abziehen kann, steht endlich mittels eines Rohres von starkem Eisenblech für mehrere Oefen mit einem an einem schicklichen Orte des Hüttengebäudes aufgeführten hohen Schornsteine in Verbindung. Letzterer befördert deren Zug, mithin ein vollständigeres Verbrennen des auf dem Rost durch ein Schürloch angeschürten Brennmaterials. Die Zuführung der atmosphärischen Luft unter den aus schmiedeeisernen Stäben bestehenden Rost geschieht durch die gewölbten Röschen, welche unter mehreren Oefen durchlaufen und am Anfange mit Thüren versehen sind, um, je nach der Richtung des Windes, geöffnet oder geschlossen werden zu können.

Um den Ofen infolge der starken Ausdehnung durch die Wärme gegen das Bersten zu sichern, sind gegen die Pfeiler gusseiserne Blendungsplatten angebracht, die unten von der Ausfüllung und dem Pflaster um den Ofen, oben aber durch schmiedeeiserne Anker gehalten werden. Damit jedoch auch die zwischen den Pfeilern eingewölbten Bogen nicht ausweichen können, sind hinter den Blendungsplatten und gerade vor dem Gewölbe ebenfalls gusseiserne Platten eingelegt.

Die Häfen werden durch die Arbeitsöffnungen auf die Bänke gebracht, der Raum vor denselben und um den Hals wird mit feuerfesten Thonsteinen ausgesetzt und gut verschmiert. Zu beiden Seiten eines jeden Hafens sind kleine thönerne Röhrenstücke bis in den Ofen reichend und meist dicht über den Bänken in diese Blendungsmauern eingelegt. Sie dienen zum Anwärmen der Pfeifen.

Um zu vermeiden, dass derjenige Hafen, welcher seinen Platz gerade auf der Wölbung des Schürlochs bekommt, von unten abgnkühlt werde, stellt man ihn nicht direkt auf die Bank, sondern auf eine starke Thonplatte; auch macht man ihn weniger hoch als die übrigen; zuweilen stellt man hier zwei kleinere Probierhäfen auf.

Zur Reinigung der Rauchröhren in den Pfeilern dienen in diesen angebrachte kleine Oeffnungen, die versetzt, oder auch wohl dergestalt mit Schiebern versehen werden, dass durch diese jene Röhren, je nachdem der Nachbarofen zu heiss oder zu kalt geht, geschlossen oder geöffnet werden können.

Fig. 81, Taf. X, stellt den Ofen im Vertikalschnitt nach der Linie *ab* dar, **Fig. 83** und **84** nach dem horizontalen Durchschnitt der Linie *a b* vor.

Fig. 82, Taf. X, Höhendurchschnitt nach der Linie *cd* des horizontalen Durchschnitts.

Fig. 83, Taf. X, horizontaler Durchschnitt nach *ef* des Höhendurchschnitts.

Fig. 84, Taf. X, horizontaler Durchschnitt nach *gh*.

Fig. 85, Taf. X, ist die äussere Ansicht des Ofens.

In ihrer Gesamtheit gewähren die Zeichnungen eine vollkommene Einsicht in die einzelnen Teile des Ofens und deren Bestimmung. Der Ofen ist auf Steinkohlenfeuerung eingerichtet.

Einen von Monot in Pantin (Seine) konstruierten Ofen zum Schmelzen von Kristallglas beschreibt V. de Luynes*) und rühmt von ihm, dass er in der Praxis sich gut bewährt habe.

Die **Fig. 86, 87, 88, Taf. XI,** zeigen den Ofen in der Ansicht, im Vertikalschnitt und im Horizontalschnitt 0,5 m über der Hafensohle. *a* ist der Rost, *q* das Schürloch, ausser welchem noch die Oeffnung *t* die Schürgrube zugänglich macht. Unter der Bank *eee* liegt ein System von Kanälen *cc*, welchem weitere Kanäle *bb* die kalte Luft zuführen, welche dann ihrerseits, nachdem sie in *cc* zirkuliert hat, durch die Oeffnungen *ee* in den Verbrennungsraum eintritt. Die Flamme steigt zentral aufwärts bis unter das Gewölbe *l* und zieht sich dann an der Ringmauer wieder abwärts, hier die in den Bogen *k* stehenden Häfen *f* umspielend, um schliesslich durch die Kanäle *jj*, welche in den Pfeilern *hh* aufwärts steigen und durch die Schlitze *mm* in die Esse *o* zu entweichen. *u* und *v* sind Reinigungsthüren, erstere für die Esse, letztere für die Kanäle *j*; *p* endlich ist eine Klappe zur Regulierung des Zuges und *n* eine Muffel zum Anwärmen farbiger Gläser.

---

*) Bulletin de la Société d'Encouragement 1880, VII. 69; nach Dingler 239, 369.

Eine nähere Vergleichung dieses Ofens mit dem vorher beschriebenen lässt erkennen, wie wenig sich die Konstruktion in etwa 50 Jahren geändert hat.

Nachdem wir im vorstehenden einen allgemeinen Ueberblick über die Konstruktion einiger Oefen für Holzfeuerung sowohl, wie auch für Steinkohlenfeuerung gewonnen haben, wenden wir uns einer speziellen Besprechung der einzelnen Teile zu.

Die Erbauung des mit dem Aschenfall in Verbindung stehenden grossen Kanals, der bei grösseren Oefen nicht entbehrt werden kann, ist eine der ersten Arbeiten bei der Anlage einer Glashütte. Ausser dem Zwecke, als Aschenfall zu dienen hat derselbe auch noch die Bestimmung, die zur Verbrennung nötige atmosphärische Luft zuzuführen; von seiner richtigen Disposition hängt der gute Gang des Schmelzofens wesentlich ab. Er bildet, wie **Fig. 89, Taf. VII**, andeutet, einen gemauerten, mit gebrannten Steinen überwölbten, geräumigen Kanal, der unterirdisch der Länge nach unter dem ganzen Hüttengebäude hingeht und einem, zuweilen auch mehreren Schmelzöfen frische Luft zuführt.

Seine Längenachse soll der mittleren Windesrichtung des Ortes parallel laufen (beiläufig bemerkt, würde dies für Deutschland etwa Westsüdwesten sein; Schür hält die nordsüdliche Richtung für die zweckmässigste); er muss den zur Wegschaffung der Asche bestimmten Karren und der Handhabung des Schüreisens einen ausreichenden Raum darbieten, und es muss sein Querschnitt gross genug sein, um der nötigen Luft den ungehinderten Zutritt zu gestatten. Gewöhnlich gibt man diesem Kanal eine Breite von 1,6 bis 2 m und eine Höhe von 2 m. An der Stelle, wo auf denselben der Ofen aufgebaut wird, ist in dem Gewölbe des Kanals eine 4 bis 5 m lange und 1 m breite vierseitige Oeffnung angebracht, die zur Aufnahme von einem, bei grossen Oefen von zwei Rosten dient. Im letzteren Falle ist die Oeffnung in der Mitte zum Teil durch einen eingewölbten Pfeiler aus gebrannten Steinen, der „Sattel" genannt, bestimmt die beiden von schmiedeeisernen Stäben getragenen Roste zu trennen, geschlossen. Im Niveau des Bodens des Hüttengebäudes ist der Kanal in angemessenen Entfernungen mit zwei oder mehreren Stäben von Gusseisen überdeckt, auf welche die Roststäbe gelegt werden.

Unter den Rosten, in einer Entfernung von 0,4 bis 0,5 m, ist in dem Gewölbe eine Vorrichtung aus eisernen Stäben angebracht, ähnlich einer Leiter, deren Sprossen 0,6 m voneinander abstehend, dem Schüreisen, wenn die Roste gereinigt werden sollen, als Stützpunkte dienen. Zuweilen legt man auch zwei solche Kanäle an, die sich dann rechtwinklig unter dem Ofen kreuzen und mit dicht schliessenden Thüren versehen werden, die man nach Belieben öffnen und schliessen kann und welche zur Regelung des Luftzugs dienen; während des Schmelzens öffnet man die der Windrichtung zugekehrte Thür, die entgegengesetzte während der Verarbeitung.

Eine unter jedem Roste auf der Sohle des Kanals angebrachte Grube von 8 bis 10 cm Tiefe und der Länge und Breite der Roste, in die man Wasser leitet, trägt wesentlich zur Belebung der Verbrennung und zur Erleichterung der Ausleerung der Asche bei. Die fortwährende durch die Strahlung der Roste und der Asche hervorgerufene

Verdampfung des Wassers unterstützt die Verbrennung auf dem Herde und kühlt die Roste ab, was viel zur Erhaltung derselben beiträgt.

Manche Glashütten sind fortwährend heftigen Winden oder unvermuteten Windstössen ausgesetzt, die direkt in den Kanal oder Aschenfall eindringen, einen unregelmässigen Gang des Ofens erzeugen und der Unterhaltung einer gleichmässig starken Schicht Brennmaterial auf dem Roste sehr hinderlich sind. Um den Rost gegen diese schädlichen Windstösse zu schützen, muss man die Ausgänge des grossen Kanals in zwei gleich grosse Schachte münden lassen, deren Oeffnungen im Niveau des Hofes ausgehen und mit durchbrochenen Thüren überdeckt sind.

Nachdem man den Unterbau des Schmelzofens auf dem Gewölbe des Kanals aus gewöhnlichen gebrannten Steinen vollendet hat, beginnt man mit der Anlage des Feuerherdes. Derselbe muss geräumig genug sein, um das notwendige Brennmaterial aufnehmen zu können; sein Umfang und seine Tiefe sind abhängig von der Beschaffenheit des anzuwendenden Brennmaterials. Bei den Schmelzöfen mit nur einem Roste wird der Feuerraum auf jeder Seite von den senkrechten Wänden der Bänke und an jedem Ende von den Schürlöchern begrenzt. Hat der Ofen zwei Roste, so ist die Konstruktion der Herde dieselbe, nur sind die beiden Roste in der Mitte des Ofens, wie schon oben bemerkt, durch den Sattel getrennt, dessen Basis, je nach der Beschaffenheit des Brennmaterials, 0,5 bis 1,6 m lang ist.

Der vordere Teil der Feuerherde ist mit dem kleinen Schürlochgewölbe, an welches sich dann nach aussen zu das grosse Schürgewölbe anschliesst überspannt. Beide dienen der Umfassungsmauer des Ofens als Stütze.

Die Breite und Höhe der kleinen Schürgewölbe werden durch den grössten Durchmesser und die Höhe der Häfen bestimmt; denn wenn die Häfen durch die Schürgewölbe in den Ofen gebracht werden, so müssen jene auch den hierzu nötigen Raum darbieten. Die zu den Schürgewölben nötigen Steine haben nach dem Bogen des Gewölbes zu eine keilförmige Gestalt und es ist die Stärke des letzteren gewöhnlich der der Krone gleich.

Der Bau des Herdes beginnt mit dem Legen des Sattels; dann legt man auf jede Seite des Rostes, und parallel mit demselben, die erste Schicht Banksteine, wobei man von der Mitte des Ofens ausgeht, sie gut mit der Sattelmauer verbindet und gegen die Schürlöcher vorschreitet.

Zuweilen hat man auch den Sattel durch eine Art Bassin oder Tasche von gebranntem Thone ersetzt, die entweder aus einem Stücke oder aus der Verbindung von 5 Stück gebrannten Steinen gebildet wurde. In diesem Falle begann man die Konstruktion des Herdes mit der Anlage des Bassins, das die Bestimmung hatte, entweder das auf den Bänken ausgeflossene Glas, welches ihr durch Rinnen zugeführt wird, aufzunehmen, oder zum Einschmelzen von Glasbrocken zu dienen; in dem ersten Falle war der Boden desselben mit einer durch einen Thonpfropfen verschlossenen Oeffnung versehen, die sich in dem Kanale oder Aschenfall öffnen liess, um das flüssige Glas in eine mit kaltem Wasser gefüllte Wanne abfliessen lassen zu können.

Zur Herstellung dieses Bassins legte man auf eiserne Querstäbe drei gebrannte Steine *a*, *b*, *c*, **Fig. 90, Taf. VII,** die alsdann den Grund des Bassins bildeten; der mittlere Stein *b* war in seiner Mitte durchbohrt, und auf denselben legt man die beiden seitlichen Steine bis zur Höhe der Bänke, dergestalt, dass die inneren Seitenwände des Bassins von den Seitenwänden der Grube gebildet wurden; zur Vollendung des Bassins legte man noch die beiden Querstücke *d d*.

Auf die erste Schicht Banksteine legt man die zweite und dritte Schicht in der Weise, dass die Wände der Grube und des Schürgewölbes senkrecht stehen. Ueber der dritten Lage aber lässt man die Banksteine allmählich zurücktreten, so dass die Bänke geneigte Flanken erhalten und die Grube sich bis zu einem Drittel der gesamten Ofenbreite erweitert.

Da die Flammen, angezogen von den Essen der Brustmauer, der Neigung der Seitenwände der Grube folgen, so biegen sie sich, auf dem Rande der Bänke angelangt, um, und richten sich gegen den unteren Teil der auf den Bänken plazierten Häfen. Die letzteren sind daher der Einwirkung des Feuers am meisten ausgesetzt, wodurch das Schmelzen des Glassatzes befördert wird. Doch würde eine zu starke Neigung oder Ausweitung der Grube auch nachteilig werden können, indem man dadurch die Häfen nicht nur unmittelbar dem Feuer, sondern auch kalten Luftströmen von dem Roste her aussetzen würde. Infolge des plötzlichen Temperaturwechsels würden die Häfen bei dem grossen Drucke, den das flüssige Glas auf die Wände derselben ausübt, sicher bersten.

Die Bänke. Gewöhnlich gibt man der Oberfläche der Bänke nach der Seite der Brustmauer eine schwache Neigung, teils um zu verhüten, dass das auslaufende Glas in den Herd fliesst, teils weil man es für nachteilig hält, wenn die oberen Häfenränder über die Bank hinaus vortreten. Wenn man ein solches Arrangement trifft, dann ist es auch notwendig, allen Schichten der Banksteine über der dritten Schicht diese Neigung zu geben. Auf diese Weise wird das Glas, welches früher oder später die Bänke anfrisst, sich stets gegen die Brustmauer wenden, während dasselbe, wenn man die Banksteine horizontal legen und nur die oberste Schicht, die „Schalen", abschrägen wollte, unfehlbar sich in den Herd ergiessen würde. Denn da die Banksteine an der Grube einer viel grösseren Hitze ausgesetzt sind als an der Brustmauer, so würden die Ränder der Bänke binnen kurzer Zeit sich merklich abflachen, und infolge des Schwindens des Thones eine merkliche Neigung gegen den Herd erzeugen, und das nunmehr wieder nach innen tretende Herdglas, der hier herrschenden höheren Temperatur wegen, seine zerstörende Wirkung auf die Bänke um so energischer äusseren. Bleibt aber die Bank dauernd nach aussen geneigt, so fliesst das Herdglas beständig gegen die kältesten Teile des Ofens an der Ringwand und kann hier durch die Glutlöcher entfernt werden.

Die Breite der Bänke richtet sich nach der Gestalt und dem Durchmesser der Häfen; sie muss eine solche sein, dass die Böden der Häfen, wenn diese an ihrer Stelle stehen, die Mitte der Bänke einnehmen und ihre Schnauzen die Arbeitsöffnung erreichen. Auf manchen

Glashütten gibt man den Bänken, in der Meinung, die Häfen dadurch länger zu konservieren, eine solche Breite, dass sie an der Seite der Grube die oberen Ränder der Häfen um 5 bis 8 cm überragen. Dies ist jedoch nicht ganz richtig, denn einerseits ist die strahlende Wärme des Herdes, maskiert durch die Kante der Bänke, von gar keiner Wirkung auf die unteren Teile der Häfen, und es werden die letzteren nur in ihren oberen Teilen von der Flamme getroffen, anderseits aber würde sich, wenn gegen die Mitte der Kampagne die Kanten der Bänke mehr oder weniger verschwunden sein werden, die Grube zu sehr erweitern. Empfehlenswert aber ist es, die Bänke wegen des später eintretenden Schwindens in der Mitte des Ofens um etwa 2,5 cm breiter zu machen, als neben den Schürgewölben.

Wenn zwischen den Bänken und den beiden Rosten die oben besprochene Tasche angelegt wurde, so mussten in jeder der beiden Bänke Rinnen von 7 bis 10 cm Durchmesser angebracht werden, damit das flüssige Glas sich in die Tasche ergiessen könne. Zur Herstellung dieser Kanäle wird die Wand der Grube von der Oberfläche der Tasche bis zu den Pfeilern schräg durchbohrt, wobei jedoch die letzte Schicht der Banksteine unberührt bleibt. In diesen bringt man ganz nahe an der Umfassungsmauer ebenfalls Oeffnungen an, die, senkrecht niedergehend, den von unten kommenden Kanälen begegnen, und vereinigt dann sämtliche Mündungen durch ausgearbeitete kleine Rinnen. Diese Abflusskanäle erleichterten zwar bei der Inbetriebsetzung des Ofens das Anwärmen und Trocknen der Bänke; sie führten aber auch das Herdglas direkt in das Innere des Mauerwerks, der Zerstörung der Bänke von innen heraus Vorschub leistend. Die Anwendung der Tasche ist daher nur eine beschränkte geblieben.

Die Zuglöcher der Bänke. Vorteilhaft ist es, an dem Ofen Vorrichtungen anzubringen, welche gestatten, auch oberhalb des Rostes Luft direkt in die Grube einführen zu können. Man erreicht diesen Zweck durch Anbringung von Luftzügen in den Bänken, wobei man die Luft entweder dem Aschenfalle (dem Hauptkanale) oder dem Innern des Hüttengebäudes entnimmt. Letzteres verdient den Vorzug, weil die hier geschöpfte Luft von dem Einflusse des Windes unabhängig ist und sich der Zutritt derselben besser regieren lässt. Ganz besonders nützlich zeigen sich diese Züge zur Zeit der Ausarbeitung des Glases, wo die Kohlen in voller Glut und die Roste abgesperrt sind, und infolge unvollkommener Verbrennung, brennbare Gase und Destillationsprodukte sich entwickeln. Um dieselben herzustellen, werden durch den Ofen hindurch, neben dem Schürgewölbe beginnend und dann parallel mit dem Roste die Bänke durchziehend, etwa 5 cm weite Kanäle angelegt, von welchen aus Querkanäle von gleichem Durchmesser auf jeder Seite des Rostes und etwa 0,6 m über dem letzteren in die Grube münden. Diese Kanäle ermöglichen nicht nur die Verbrennung der erwähnten Gase, sie kühlen gleichzeitig, indem die sie durchfliessende Luft sich erwärmt, das Mauerwerk und tragen nicht unwesentlich zur Erhaltung der Bänke bei. Indessen muss man mit der Verwendung dieser Kanäle nicht zu weit gehen, denn so vorteilhaft diese Kühlung der Bänke rücksichtlich ihrer Erhaltung auch sein mag, so kann sie doch auch ebenso wie die zuweilen vorhandene Feuchtigkeit des

Mauerwerks, infolge unvollkommener Trockenlegung des Terrains sehr nachteilig auf den Gang des Ofens einwirken. Zuweilen beobachtet man in demselben Hüttengebäude zwei Oefen von verschiedenem Verhalten, obgleich dieselben über demselben Kanal erbaut sind; während der eine schnell schmelzt und stets ein feines Glas erzeugt, schmelzt der andere langsam und liefert unter denselben Verhältnissen ein blasiges Glas, welches, noch bevor es zur Hälfte aufgearbeitet ist, schaumig und flockig wird. Dies kommt besonders häufig bei zu kühlen Bänken vor und es ergibt sich hieraus die Notwendigkeit, in der Anlage und in der Benutzung jener Luftzuführungen das richtige Mass nicht zu überschreiten.

Sobald der Bau bis zur Höhe der Bänke vorgeschritten ist, wölbt man auf Leerbogen das Schürgewölbe. Wenn das Gewölbe lang ist gibt man ihm wohl eine schwache Neigung gegen die Schürlöcher, damit die auf dem Herde konzentrierte Wärme, der Richtung des Gewölbes folgend, direkt auf den unteren Teil der Häfen getrieben werde.

Wenn man lange Schürgewölbe anwendet, so wird das Einsetzen der Häfen in den Ofen durch eine in der Seitenwand desselben, oberhalb desjenigen Schürlochgewölbes, welches dem Hafenanwärmofen am nächsten ist, angebrachte Oeffnung sehr erleichtert. Dieser Eingang wird durch eine starke, aus demselben Thon, den man zur Anfertigung der Formsteine benutzt, angefertigte Platte verschlossen, wobei sich letztere in Falze legt, welche in den Pfeilern der Oeffnung angebracht sind. Um die Wärme besser zusammenzuhalten, wird eine zweite dünnere Platte vor die erste gestellt, so dass zwischen beiden ein etwa 10 cm breiter freier Raum bleibt, den man mit Sand ausfüllt. Bei Anbringung besonderer Einsatzöffnungen muss man die Dimensionen des Schürlochgewölbes in der Höhe beschränken, indem man das Gewölbe nach dem Innern des Ofens mehr ausweitet.

Die Schürlöcher werden von aussen durch eiserne Rahmen mit eisernen Thüren, bei Holzfeuerungen wohl auch heute noch mit dem alten Vorwandgestell geschlossen. In **Fig. 91** bis **93, Taf. VII,** ist diese Vorrichtung abgebildet. 1 ist das 30 cm im Quadrat haltende Loch, wodurch das Brennmaterial eingeworfen wird; 2 sind Löcher zur Reinigung des Herdes, wenn er verstopft ist. Die in **Fig. 91** sichtbaren Thonplatten sind in dem Schürloche fest eingesetzt, wogegen das Kreuz 3 und die beiden Flügelstücken 4, 4 in **Fig. 92** nur angelehnt sind; durch Verrücken der letzteren lässt sich die Menge der einströmenden Luft regulieren. Das Kreuz wird mit einigen Klumpen nassen Lehms befestigt, der Durchschnitt in **Fig. 93** zeigt, wie die beiden Flügel an dasselbe angelehnt sind. Mit Ausnahme der letztern, haben alle übrigen Stücke eine Dicke von 10 cm; sie sind mit einigen Löchern versehen, um sie mittels eines durchgesteckten eisernen Spiesses abnehmen und versetzen zu können. *bb* ist eine 13 cm hervorstehende 13 bis 16 cm dicke Platte, die den Aschenfall deckt, und das Kreuz samt den Flügeln trägt.

Die Grösse des Vorwandgestells richtet sich nach dem dem Schürlochgewölbe an seinem Eingang gegebenen Durchschnitt; es ist daher

gross, wenn die Häfen durch das Schürlochgewölbe eingesetzt werden, und klein, wenn dies durch eine besondere Oeffnung geschieht.

Bei der Befeuerung werden die Holzscheite einzeln in das offene Schürloch gesteckt, so dass sie, mit ihrem hintern Ende in dasselbe eingeklemmt, nicht auf die Ofensohle fallen können. Erst wenn sie völlig in Flammen stehen, stösst der Schürer sie mit dem folgenden Holzscheit in die Grube um dann auch jenes, und so weiter alle übrigen Scheite in derselben Weise zu behandeln.

Die Schürlochgewölbe sind häufig behufs grösserer Dauerhaftigkeit und besseren Zusammenhaltens der Wärme mit einem doppelten Gewölbe überspannt, namentlich dann, wenn man zur Aufnahme eines kleinen Hafens, des Versuchshafens, eine Nische darüber anbringt. Dieser Hafen steht auf einem vorspringenden grossen Steine, welcher auf dem Gewölbe des Schürloches aufliegt und auf jeder Seite in die Umfassungsmauer eingreift. Er dient zur Anstellung von Versuchen, zur Erzeugung von gefärbtem Glase u. s. w. Diese Vorrichtung ist besonders anwendbar, wenn man keine Vorwärmöfen über den Schürlöchern anbringt. Die Nische wird in der Umfassungsmauer angebracht, in der man eine Oeffnung vom Durchmesser und der Höhe des Hafens plus der Grösse der Arbeitsöffnung ausweitet. Durch jene Oeffnung bringt man den Hafen an seinen Platz; man schliesst sie mit einer starken Thonplatte, welche nur die Arbeitsöffnung frei lässt und umgibt sie von aussen mit Sand, um einen Verlust an Wärme vorzubeugen.

Der Rost des Schmelzofens besteht gewöhnlich aus eisernen Stäben, deren Länge sich nach den für den Rost angenommenen Dimensionen richtet. Sie werden parallel nebeneinander gelegt, indem man einen Zwischenraum lässt, der sich nach der Beschaffenheit des Brennmaterials richtet, denn die Rostöffnungen sollen nur Asche durchfallen lassen.

Diese Roststäbe ruhen auf den Rostbalken. Wenn ein sehr starker Luftzutritt stattfindet, oder das Brennmaterial während der Verbrennung in Stücke zerfällt, so vermehrt man die Roststäbe; dagegen verringert man deren Zahl, d. h. man macht die freie Rostfläche grösser, wenn jenes sich aufbläht oder Schlacken bildet, die den Rost verstopfen können.

Je nach der Beschaffenheit des Brennmaterials muss man dem Roste eine grössere oder kleinere Oberfläche geben; indem man z. B. auf jedes pro Stunde zu verbrennende Kilo Steinkohle 0,01 qm Rostfläche rechnet, während bei Braunkohlenfeuerung $^2/_3$ und bei Holz die Hälfte dieser Abmessungen genügen.

Die Höhe der auf dem Rost aufgeschichteten Brennstoffschicht ist auf den Zug von grossem Einfluss, denn wenn dieselbe zu hoch ist, kann das zur Verbrennung erforderliche Luftquantum sie nicht mehr durchdringen; und die Verbrennung wird eine unvollkommene. Ist dagegen die Brennstoffschicht zu schwach, so fliesst zu viel Luft zu und die Temperatur des Ofens bleibt, wie dies an einem früheren Orte eingehender nachgewiesen, eine niedrige.

Was die Schichthöhe des Brennmaterials auf dem Roste anlangt, so ist es schwierig über dieselbe allgemein gültige Vorschriften zu geben, da sie zu sehr von der Natur des verwendeten Brennmaterials abhängt.

Vor allem muss hierbei dem Heizer seine praktische Erfahrung zur Hand gehen; er wird die Brennstoffschicht solange erhöhen können, bis er merkt, dass ein vermehrter Aufwand von Brennmaterial keinen höhern Effekt erzeugt. Bei Holzfeuerung wird man die Stärke der Schicht nicht leicht zu gross nehmen, da jenes infolge seiner lockeren Lagerung die Luft ungehindert passieren lässt; bei Steinkohlen dagegen wird man, jenachdem die Kohle mehr oder weniger backend ist, nicht über 15 bis 20 cm hinausgehen dürfen.

Die Speisung des Herdes erfolgt, je nach der Natur des zu verwendenden Brennmaterials, in kürzeren oder längeren Zwischenräumen. Im allgemeinen erhält man bei Steinkohle und Ligniten die vollständigste Verbrennung, wenn man bestimmte gemessene Mengen davon auf dem Roste in der Weise ausbreitet, dass der Heizer genötigt ist, langsam und fortwährend von einem Schürloche zum andern zu wandern. Hierbei muss er jedesmal rasch den Zustand des Rostes überblicken, und sofort die Stellen, wo sich eben Lücken in der Brennstoffschicht bilden wollen, bedecken, um zu vermeiden, dass nicht inmittelst frische Luft in dem Ofen anlange. Es ist notwendig, dass er fleissig den Aschenfall (grossen Kanal) besuche, um mittels des Schüreisens die dunklen Stellen des Rostes klar zu machen, die Beschaffenheit der Asche zu untersuchen, und das Glas, den Glasschaum oder den Schmutz von den Roststäben zu entfernen. Besonders ist es das Aussehen der Flamme bei ihrem Austritt aus den Arbeitsöffnungen, was den geübten Heizer bei der Ausübung der ihn obliegenden Arbeiten leitet; wenn die Flamme gelb, oder mit Rauch beladen erscheint, so ist dies für ihn ein Zeichen, dass Luft mangelt, sei es infolge einer gänzlichen oder teilweisen Verstopfung des Rostes, sei es durch eine Ueberladung desselben mit Brennmaterial. Wenn das Feuer sehr hell und ohne Flamme brennt, so ist dies ein Zeichen, dass der Rost von neuem gespeist zu werden verlangt. Obgleich diese Art des Schürens die ökonomischste und wirksamste ist, so verrichten sie die Heizer doch nur mit Widerwillen, weil sie von ihnen eine ununterbrochene und ermüdende Arbeit verlangt.

Bei Anwendung von ovalen oder länglichen Häfen glaubt man oft die Grube in ihren Dimensionen beschränken und ihr nur die zum Durchbringen der Häfen nötige Weite geben zu dürfen, um dadurch den freien Raum im Innern des Ofens noch mehr zu beschränken. Wenn das Brennmaterial eine lange Flamme gibt und der Ofen schnarcht, so scheint er in gutem Gange; aber er sticht nicht, d. h. er erhitzt trotz eines grossen Aufwandes an Brennmaterial und obgleich man bei offenen Arbeitsöffnungen feuert, den unteren Teil der Häfen nicht in genügender Weise, was ein schlechtes Resultat zur Folge hat. Obgleich die gegen das Ende der Läuterung mit den Kolben entnommenen Proben feines Glas zeigen, so wird man doch während des Blasens unangenehm überrascht, schlecht geschmolzenes, auch wohl mit Blasen versehenes Glas, „Schaumglas" oder „gispiges Glas" genannt, zu erblicken.

In dem Masse wie die Kanten der Bänke sich abrunden und die Gruben sich erweitern, verschwindet der bezeichnete Uebelstand allmählich und die Oefen nehmen oft gegen das Ende der Kampagne, wo man sie aus anderen Gründen abgehen lässt, einen guten und regelmässigen Gang.

Wenn ein neuer Ofen diesen Fehler zeigt, so muss man ihn augenblicklich abschliessen, an den Bänken abnehmen und die Gruben erweitern, indem man mittels eines Meissels die Bänke zwischen den Häfen ausbricht und in den Seitenwänden der Gruben Böschungen schafft, um die strahlende Wärme und die Flamme nach dem Boden der Häfen zu dirigieren.

Wenn man genötigt ist, Brennstoffe anzuwenden, die keine lange Flamme geben, so muss man, damit die Brennstoffschicht die Höhe der Bänke erreiche, den Rost höher legen.

Wenn die Gruben zu weit sind, so wird unnötigerweise viel Brennmaterial konsumiert, und die Unterhaltung einer schwachen und regelmässigen Schicht desselben auf dem Roste bedarf einer grossen Aufmerksamkeit.

Um die den verschiedenen Ofensteinen zu gebenden Dimensionen leicht finden zu können, fertigt man zunächst eine Zeichnung des Ofens, nach den angenommenen Massen an und zerlegt alsdann die verschiedenen Teile desselben in einzelne Schichten von angemessener Stärke. Jede dieser Schichten repräsentiert die Stärke der einzelnen Steine. Um z. B. die den Banksteinen eines Ofens, dessen Längendurchmesser 3,4 m plus der doppelten Stärke der Umfassungsmauer, und bei welchem die Höhe der Bänke 1 m und deren Breite 0,9 m plus der Stärke der auf der obern Banksteinschicht ruhenden Umfassungsmauer, beträgt, zu gebenden Dicke zu finden, bestimmt man zunächst die Anzahl der Schichten, welche für die angegebene Höhe sechs beträgt. Indem man die Höhe von 1 m in sechs Teile teilt, erhält man für jeden Bankstein 0,166 m Stärke; diese vermehrt man um das Schwindmass beim Trocknen, sowie um das Mass dessen, was der Stein bei der Bearbeitung an Stärke einbüsst. Die so gefundene Summe repräsentiert die der Form nach der Stärke des Steins zu gebende Dimension. Nimmt man ferner für eine Schicht 6 Steinlängen, und teilt die ganze Länge des Ofens, welche $3,4 + 2 \cdot 0,5 = 4,4$ m beträgt, in 6 gleiche Teile, so erhält man 0,74 m als die gesuchte Länge. Auf dieselbe Weise verfährt man auch, um die Breite zu finden, wobei man jedoch zu berücksichtigen hat, dass diese bei den Banksteinen für jede Lage über der dritten Schicht verschieden ist, wenn die Schürgrubenwand nicht senkrecht steht und dass die oberste Schicht die Breite der ganzen Bank einnimmt und der Umfassungsmauer als Fundament dient. Die Länge dieser letzteren muss eine solche sein, dass 3 oder 4 Steine genügen die ganze Bank zu überdecken. Je grösser die Banksteine um so vorzüglicher muss das Material sein aus dem sie hergestellt wurden und um so sorgfältiger die Arbeit. Namentlich ist von grossem Einfluss das richtige Verhältnis zwischen Thon und Magerungsmittel. In manchen Hütten bedeckt man die Bänke mit breiten Platten von gebranntem Thon, ähnlich den Fliessen; diese Platten liegen nicht fest, und können durch andere ersetzt werden, zu welchem Mittel man in den Fällen greift, wenn die Oberfläche der Bänke in dem Grade uneben geworden ist, dass die Häfen nicht mehr senkrecht darauf stehen. Durch Anwendung solcher Platten lässt sich die Kampagne oft um mehrere Monate verlängern.

Der innere Raum des Ofens wird von der Umfassungsmauer und der Kappe umschlossen; die Bänke und die Grube bilden die Grundfläche desselben.

Die Mauern, welche den leeren Raum des Ofens umgeben, bilden gewöhnlich ein längliches Viereck, dessen Ecken entweder abgerundet oder auch scharf sind. Sie werden aus feuerfesten Steinen, die Ofensteine genannt, errichtet, die im lufttrocknen Zustande am zweckmässigsten 0,65 m lang, 0,33 m breit und 0,16 m stark sind.

Am Fusse der Mauer sind, parallel der Grube, ebenso viele quadratische Oeffnungen angebracht, als die Bänke Häfen aufnehmen sollen; sie beginnen unmittelbar über den Bänken und haben innen eine Höhe von etwa 0,3 bis 0,35 m, die sich aussen auf 0,2 bis 0,25 m reduziert; ihre Breite beträgt aussen wie innen 0,3 m.

Diese Oeffnungen, die „Aufbrechlöcher" genannt, sind während des regelmässigen Betriebs durch Platten von gebranntem Thon verschlossen, welche in Falze passen, die jede Aufbrechöffnung umgeben. Sie dienen dazu, ausgeflossenes Glas entfernen zu können, welches, wenn es länger auf den Bänken stehen bliebe, diese zerstören würde; auch benutzt man sie, um alte Häfen abbrechen, oder die, welche ausfliessen, auf ihrem Platze wenden, und die fehlerhafte Stelle dem Aufbrechloche gegenüber bringen und das fernere Ausfliessen verhüten zu können. Dies bewerkstelligt man alsdann auf die Weise, dass man mittels eines kleinen Schirms, den man um den Hafen anbringt, die Hitze absperrt, eine Operation, die man in französischen Glasfabriken die Chambrage nennt; endlich bedient man sich der Aufbrechlöcher noch beim Einbringen von Häfen, oder wenn es sich darum handelt, beschädigte oder zernagte Bänke auszubessern.

Da ein einfacher Verschluss die Böden der Häfen nur ungenügend vor eindringender kalter Luft schützt, so verschliesst man die Aufbrechlöcher mit einer zweiten Platte, wobei man den Raum zwischen den beiden Platten mit trocknem Sande ausfüllt. In diesem Falle darf man die Fugen nicht verschmieren, denn der einer sehr hohen Temperatur ausgesetzte Mörtel sintert zusammen, und würde sich dann, wenn man die Oeffnung aufbrechen müsste, nur schwierig entfernen lassen.

Den Bau der Umfassungsmauer beginnt man mit Aufrichtung der zwei Steinschichten hohen Pfeiler zwischen den Aufbrechöffnungen; die dritte Reihe Steine bildet alsdann die Decke für die Aufbrechlöcher.

Wenn der Ofen mit Luftessen (die deshalb von grossem Nutzen sind, weil sie einen Teil der Flamme nötigen die Bänke zu bestreichen und den untern Teil der Häfen zu umspielen), versehen werden soll, so hat man jetzt mit deren Anlage zu beginnen.

Nachdem man die dritte Reihe in der Umfassungsmauer gelegt hat, bringt man senkrecht in der Decke einer jeden Aufbrechöffnung ein Loch von 6,5 cm Durchmesser an, und fährt mit der Errichtung der Mauer bis zur sechsten Reihe fort. Auf der Höhe der Oberfläche des Hafens angelangt, weitet man auf der Mitte jedes Pfeilers links und rechts in schräger Richtung Oeffnungen von 6,5 cm Durchmesser aus,

um so in gerader Linie die Vertikalöffnungen der in der Decke des Aufbrechlochs angebrachten Oeffnung zu gewinnen. An jedem Vereinigungspunkte dieser schrägen Züge errichtet man später ausserhalb der Umfassungsmauer aus gebrannten feuerfesten Steinen, eine Esse von 5 cm lichter Weite bei 5 cm Wangenstärke.

Auf diese Weise kommuniziert jede dieser, zwischen zwei Arbeitsöffnungen gelegenen Essen direkt mit den Aufbrechlöchern zur Rechten und Linken, und hindert, da die Arbeitsstellen durch sie, Rücken gegen Rücken getrennt sind, in nichts die freien Handbewegungen der Bläser. Die Höhe dieser Luftessen ist wenig höher, als die äussere Höhe der Kappe, und alle münden unter einem grossen konischen Blechmantel, welcher die Kappe des Schmelzofens umgibt. Auf gleiche Weise bringt man in den vier Ecken des Ofens ähnliche Luftzüge an; jede derselben empfängt einerseits die Wärme durch die benachbarte Aufbrechöffnung, anderseits durch einen schrägen, in der Seitenmauer des Ofens angebrachten und sich nach dem Innern öffnenden Kanal.

Eine andere Anordnung dieser Zugessen zeigt **Fig. 94, Taf. IX.** Die Essen sind in diesem Falle dem Ofen angebaut und werden durch besondere knieförmig gebogene Füchse gespeist.

In noch anderer Weise sind die Züge bei dem in **Fig. 81, Taf. X,** abgebildeten Ofen konstruiert. Hier führen die an der Oberfläche der Bank mündenden Füchse in vertikale, in den Pfeilern ausgesparte Essen, welche ihrerseits gleichzeitig mit einem in der Mitte der Kappe angebrachten Zuge in einen von einem zweiten Gewölbe oberhalb der Kappe umschlossenen Raum ausmünden, aus welchem dann der Rauch durch ein weites Blechrohr in eine grosse, mehreren solcher Oefen gemeinsame Esse entweicht.

Wenn man diese Essen nicht einrichtet, wenn man sich also rücksichtlich des Zuges im Ofen, wie dies früher sehr allgemein üblich war, lediglich auf die Arbeitsöffnungen beschränkt, so baut man die Mauer auf, ohne sie für Züge zu durchbrechen.

Um sich zwischen der Umfassungsmauer und dem Hafen einen grossen freien Raum zu verschaffen, lässt man jene nach dem Innern des Ofens um etwa 10 cm überhängen, je nachdem der Unterschied zwischen dem grossen und kleinen Durchmesser des Hafens mehr oder weniger gross ist, etwas weniger oder mehr. Wendet man ovale Häfen mit grösserer oder kleinerer Schnauze an, dann kann man der Mauer auch eine senkrechte Stellung geben. Jedenfalls bietet die schwach nach innen geneigte Mauer gleichzeitig einen grösseren Widerstand gegen den von der Kappe auf sie ausgeübten Druck, besonders wenn man den Steinen selbst eine der nicht lotrechten Stellung entsprechende Neigung gegeben hatte.

Ausser den Aufbrechlöchern bringt man neben der Arbeitsöffnung oder in der Höhe der Bänke häufig eine Oeffnung von etwa 5 cm Weite an, durch welche beim Arbeiten die Pfeife in den Ofen gesteckt wird, damit sie warm bleibe.

In manchen Glashütten schiebt man in diese Oeffnungen, jedoch nur während des Blasens, der Reinlichkeit wegen, eiserne Röhren, die nach der Arbeit wieder herausgezogen werden.

Auf die Umfassungsmauer setzt sich das Ofengewölbe, die Kappe oder Krone. Die Form der Kappe übt einen sehr wesentlichen Einfluss auf den Gang des Ofens und die Beschaffenheit des Glases aus, und so seien daher zunächst die von ihr zu erfüllenden Funktionen in der Kürze erörtert.

Wie einerseits die Grösse der Roste, die Breite der Gruben und die Tiefe der Schürlochgewölbe, ebenso auch die Höhe der Bänke der Natur der anzuwendenden Brennstoffe angepasst werden müssen, wenn die intensivste Wirkung der Wärme auf die Häfen erreicht werden soll, so ist auch die Grösse des von Umfassungsmauer und Kappe umschlossenen Raumes von grossem Einflusse auf die Leistungsfähigkeit des Ofens. Denn wie einerseits bei kurzflammigem Brennmaterial eine möglichste Reduzierung des Schmelzraums geboten ist, sind dem letzteren bei langflammigem Brennstoffe zu dessen vollkommener Verbrennung weitere Dimensionen zu geben. Die Bestimmung der Grösse dieses zur vollkommenen Verbrennung nötigen freien Raums auf theoretischem Wege ist ausserordentlich schwierig; denn nicht allein, dass man es bald mit dieser, bald mit jener Art von Brennmaterial zu thun hat; ein und dasselbe Brennmaterial selbst wechselt in seiner Beschaffenheit so sehr, dass es ganz unmöglich erscheint, in dieser Beziehung allgemein gültige Angaben zu machen.

Die Praxis hat jedoch dieses Problem in einer ziemlich befriedigenden Durchschnittsmanier gelöst, und gezeigt, dass man den innern Raum des Schmelzofens nach den folgenden Angaben bestimmen könne.

Auf 86 kubische Einheiten, die die Häfen einnehmen, rechnet man einen freien Raum von 230 kubischen Einheiten. Der gesamte Inhalt eines Ofens beträgt daher $86 + 230 = 316$ Einheiten. Dies einmal festgestellt, gelangt man leicht zur Auflösung der Frage, wie gross der von der Kappe zu umschliessende freie Raum sein müsse.

Man sucht zunächst das Volum eines Hafens zu ermitteln, durch Rechnung, wenn er eine regelmässige Gestalt hat, auf mechanischem Wege, wenn sie unregelmässig ist, und zwar dadurch, dass man die Hafenform mit Sand ausmisst und den Betrag des Schwindens in Rechnung zieht. Die so gefundene Zahl multipliziert man mit der Anzahl der Häfen, die der Ofen aufnehmen soll. Hat man auf diese Weise das Gesamtvolum der Häfen kennen gelernt, so multipliziert man die Summe mit 230, und dividiert das Produkt durch 86; der Quotient bildet alsdann die Zahl von Einheiten, die der freie Raum haben muss. Hiervon zieht man die Räume der Schürlochgewölbe, der Gruben, sowie den von der Umfassungsmauer bis zum oberen Rande der Häfen und von den Bänken begrenzten Raum ab, und erhält in dem Reste den Raum, welchen die Kappe einschliessen muss. Soll z. B. der Ofen 8 Häfen aufnehmen, deren jeder einen mittleren Durchmesser von 0,6 m und eine Höhe von 0,75 m hat, so ist das Volum eines Hafens $\pi \cdot 0{,}3^2 \cdot 0{,}75 = 0{,}212$ cbm, das sämtlicher Häfen $8 \cdot 0{,}212 = 1{,}696$ cbm. Hieraus ergibt sich der übrige freie Raum nach der Gleichung $86 : 1{,}696 = 230 : x$; $x = 4{,}53$ cbm; hierzu das Volum der Häfen, so erhält man für den gesamten freien Raum 6,22 cbm.

Was nun weiter die Gestalt der Kappe anlangt, so ist jene abhängig von den Funktionen, welche diese zu übernehmen hat.

Die Kappe soll nämlich hoch genug sein, um den am Ende der Pfeife befestigten Arbeitsstücken hinreichenden Spielraum zu gewähren, damit sie, wenn sie der Bläser in die Arbeitsöffnungen des Ofens einführt, an die Wände der Krone nicht anstossen. Ferner soll die Stärke der Mauer, da wo die Arbeitsöffnungen sich befinden um das Fassen des Glases in den Häfen zu erleichtern, die der Umfassungsmauer nicht überschreiten und endlich sollen die Wände, in welchen die Arbeitsöffnungen eingebracht sind, eine hinlängliche Neigung haben, damit man durch diese wenigstens einen Teil des Hafenbodens beobachten könne; ohne diese Vorsicht würde es unmöglich sein, den Hafen mit der Pfeife zu leeren, oder das Glas zu schöpfen.

Die innere Fläche der Kappe ist ununterbrochen der Einwirkung der aus der Glasmasse sich verflüchtigenden Alkalien ausgesetzt, die sie lebhaft angreifen und sie endlich zum Teil verglasen. Dieses so entstandene grüne Glas fliesst den Wänden des Gewölbes entlang, wobei es den für diesen Zweck angebrachten Linien folgt. Seine Bildung findet hauptsächlich an den Stellen unmittelbar über den Häfen statt. Indem es sich langsam abwärts bewegt, sammelt es sich naturgemässer Weise an, und wenn die Neigung des Gewölbes sich allzusehr von der Vertikallinie entfernt, so löst es sich in Gestalt von Tropfen oder Schwänzen „Thränen" genannt, die in die Hafen fallen, ab; diese bilden alsdann, weil sie von anderer Beschaffenheit sind, als das in den Häfen enthaltene Glas, Schlieren und Knoten in dem letzteren.

Nach dem Gesetz über die Reflexion der Strahlen, werden die gegen eine Fläche anprallenden Wärmestrahlen in demselben Winkel zurückgeworfen, unter welchem sie die Fläche treffen. Soll aber die von der Kappe zurückstrahlende Wärme möglichst vorteilhaft auf das in den Häfen schmelzende Glas wirken, so muss sie die Oberfläche des letzteren thunlichst unter einem rechten Winkel treffen.

Dem Gesagten zu Folge wird daher ein möglichst flaches, nach den Widerlagern zu steil abfallendes Gewölbe, ein elliptisches also, dem Zwecke am besten entsprechen.

Die Konstruktion dieser Ellipse kann näherungsweise wie folgt vorgenommen werden.

Ist in **Fig. 95, Taf. VII,** die Linie ab gleich der Breite des Ofens, so wird diese zunächst in die drei gleichen Teile ae, ef, fb geteilt; dann in der Mitte c von ab ein Perpendikel $cd = {}^1/_3\ ab$ als Pfeilhöhe des Kappengewölbes errichtet, auf db von d aus $dh = gb = {}^1/_6\,ab$ abträgt und im Mittelpunkt i von hb ein Perpendikel nl errichtet. Die Durchschnittspunkte k und l dieses Perpendikels mit ab und der Verlängerung von cd sind die Mittelpunkte der Bögen nb und nd, welche die Hälfte der Wölbelinie komponieren. Die andere Hälfte erhält man in gleicher Weise aus l und m, nachdem man $am = kb$ gemacht hat.

Diese Gestalt des Gewölbes erlaubt es, den Arbeitsöffnungen einen angemessenen Durchmesser zu geben. Das Glas, welches sich an der Oberfläche der Kappe bildet, sammelt sich nur da in grösserer Menge an, wo die Kurven der kleinen Radien ihren Anfang nehmen, deren Neigung sich noch mehr der Perpendikulären nähert, als eine von b nach n gezogene Linie. Statt sich von dem Gewölbe abzulösen, wird

das Glas in dem Augenblick, wo seine Anhäufung die grösste Gefahr für die Bildung der Thränen darbietet, den steilen Abhang der Kappe herabfliessen.

Die Flamme und die erhitzte Luft werden sich, trotz ihrer grossen Geschwindigkeit, und trotzdem dass sie von den Arbeitsöffnungen angezogen werden, statt nach dem Punkte *d* der Kappe aufzusteigen, nach *n* beugen, und noch bevor sie das Innere des Ofens verlassen, sich gegen die Oberfläche des Glases in den Häfen wenden.

Sehr vollkommen gelang Kirn das Zurückhalten der Thränen durch die in **Fig. 96, Taf. VII,** gegebene Konstruktion. Der Ring erhielt zunächst die Gestalt *abcd* und die Oeffnung desselben *aefg* wurde so gross gemacht, dass die Senkrechte *gh* auf den Punkt *h* des Hafens trat, dessen Hinterwand zu einem 12 cm breiten haubenartigen Ansatz erweitert war, während die Seitenwände nur um 4 cm eingezogen wurden. Diese grosse Oeffnung wurde indessen durch einen zweiten sehr leicht gearbeiteten Ring *ikm* so geschlossen, dass nur eine Oeffnung von der Weite blieb, wie die Arbeiter solche nötig hatten. Waren nun die Häfen richtig gestellt, so blieb an dem oberen Rande, da, wo sie zusammenstiessen, eine 8 cm weite Rinne, in welche die Thränen, welche an den Seiten des Ringes abliefen, ohne Schaden für das Glas hineintropfen konnten; ebenso mussten Thränen, welche an der Fläche *fg* abliefen, auf die Bedeckung *hl* des Hafens fallen.

Zur Bestimmung des körperlichen Inhalts der Kappe teilt man die Ellipse in eine gewisse Anzahl gleich grosser Parallelepipeda, deren Volum man leicht bestimmen kann, indem man die mittlere Länge und Breite mit der Höhe jedes derselben multipliziert und die Produkte addiert; die Summe aller Parallelepipeda muss gleich sein dem Volum, welches an der Kapazität des Ofens fehlt. Wenn dies nicht zutreffen sollte, würde man die Höhe der Umfassungsmauer entsprechend vermehren oder vermindern müssen.

Nach Ermittelung der zweckmässigen Gestalt der Kappe muss man, um deren Bau zu erleichtern, die Form und Anzahl der Steine bestimmen. Man bedarf zwei Arten keilförmiger Steine; nämlich solcher, welche nach dem kleinen Radius *kb* und solcher, welche nach dem grösseren *ld* geschnitten sind.

Man teilt den, mit dem grossen Radius beschriebenen Bogen in gleiche Teile von 10 bis 12 cm Länge; zieht vom Mittelpunkte *l* Radien durch die Teilungspunkte und erhält so die erforderliche Keilform der Steine. In gleicher Weise erhält man dann auch die Form der Steine für die kleinen Bogen, indem man auch diese in etwa 10 bis 12 cm lange Teile teilt und die Radien nach den Teilpunkten von den Mittelpunkten *k* und *m* aus zieht. Gewöhnlich gibt man der Kappe eine Stärke von 30 cm und den kleinen Kuppensteinen eine Länge von 40 cm, und den grossen von 60 cm. Eine grössere Stärke des Gewölbes und der Umfassungsmauer würde an sich nicht nachteilig sein, jedoch die Häfen von dem Glasmacher entfernen, und hierdurch das Ausarbeiten derselben erschweren. In neuerer Zeit hat man die Kappe sogar aus einem 5 cm starken feuerfesten Futter mit einem eben so starken Mantel aus gewöhnlichem Ziegelmaterial konstruiert.

Hat man einmal Gestalt und Grösse der Kuppensteine festgesetzt, so lässt sich auch der Bau des Ofens wesentlich abkürzen, und die Schwierigkeiten sind keineswegs so gross, als dass derselbe nicht durch den ersten besten Maurermeister ausgeführt werden könnte; der Hüttenbesitzer ist in keiner Weise von den Launen eines Ofenbauers abhängig, der weniger sein Wissen, als vielmehr nur seine Handarbeit hinzubringt. Geübte Maurer konstruieren mit solchen Steinen das Gewölbe ohne weiteres; für solche aber, die noch wenig Uebung haben, setzt man ein Lehrgerüst ein, welches genau die beiden Kurven der Ellipse darstellt und auf den Bänken aufgesetzt wird.

Beim Legen der Kuppensteine auf die Umfassungsmauer muss man dafür Sorge tragen, die Steine so zu legen, dass die Fugen an solche Stellen fallen, wo die Arbeitslöcher angebracht werden sollen. Auch setzt man wohl beim Beginn des Gewölbes für jeden Hafen einen „Ringstein" ein, aus welchem später die Arbeitsöffnung, deren Weite sich nach der Grösse der zu fertigenden Arbeiten richtet, kreisrund oder halbbogenförmig mehrere Zentimeter über dem Hafenrande schräg nach unten ausgeschnitten wird; bei Verarbeitung gebrannter Steine sind diese schon hiernach geformt. Sind alle kleinen Gewölbesteine gelegt, so setzt man den Bau der Kappe mit den grösseren fort und schliesst sie mit dem Schlusssteine.

Es ist kaum nötig aufmerksam darauf zu machen, dass der Bau des Ofens in allen seinen Teilen mit der grössten Achtsamkeit und Sorgfalt ausgeführt werden müsse; Schnur, Lineal, Winkelmass und Setzwage müssen beim Legen eines Steins immer zur Hand sein; bevor sie definitiv ihren Platz einnehmen, müssen die Steine sorgfältig aneinander gerieben, gleichsam geschliffen werden; der Thonbrei muss ganz homogen und frei von Kieselsteinen sein, letztere, wenn nötig, durch Sieben entfernt werden. Wird dann auf zwei aneinander gehörige Flächen Thon gestrichen, so findet ein nochmaliges Aneinanderreiben statt, um allen überflüssigen Thon, sowie auch die etwa noch vorhandenen Luftblasen auszutreiben.

Soll über den Schürlochsgewölben eine Nische für einen Versuchshafen angebracht werden, so muss man dieselbe mit eigens angefertigten Steinen überwölben, auf dieses Gewölbe stützt sich alsdann die Kappe.

Die Füchse, welche die Wärme nach den Temperöfen, wo solche noch vorhanden sind, führen und 10 cm breit und 12,5 cm hoch sind, durchbrechen die Kappe etwa 1 m über den Bänken.

Nachdem man in dem Gewölbe den Schlussstein eingesetzt hat, stellt man vis à vis der Mitte jedes Hafens die Arbeitsöffnungen her. Diese müssen so beschaffen sein, dass der Arbeiter mit der Pfeife bis auf den Boden des Hafens gelangen kann, um diesen möglichst vollständig auszuarbeiten. Gewöhnlich gibt man ihnen einen Durchmesser von 0,4 m mit einer Erweiterung nach innen von 5 cm. Das Aussetzen mit den oben erwähnten Ringsteinen ist sehr nützlich, wenn es sich um eine Verengerung der Arbeitsöffnung bei der Fabrikation von kleineren Arbeitsstücken handelt; der Bläser ist dann nicht unnötigerweise einer zu grossen Hitze ausgesetzt, auch erkaltet alsdann das Glas weniger schnell während des Blasens. Doch werden diese Ringsteine

durch Unvorsichtigkeit oft zerbrochen, sei es durch die Schöpflöffel, sei es während des Wendens der Häfen, oder aus irgend einer andern Nachlässigkeit. Da sie, an ihren äussern Rändern mit Mörtel verstrichen sind, so müssen sie ausgebrochen werden. Diese Operation darf, damit die unvermeidlich abgesprengten Stücke, wenn sie in die Häfen fallen, auf dem erkalteten Glase schwimmen können, erst gegen das Ende des Kaltschürens vorgenommen werden. Wird die Reparatur zu früh vorgenommen, so verderben jene Sprengstücke häufig das Glas, weil sie in demselben, wenn es noch zu dünnflüssig ist, zu Boden sinken.

Wenn das Innere des Ofens abgeputzt ist, beginnt man aussen mit dem Bau der Stützen für die Arbeitsplätze; dann bringt man die Scheidewände an, welche gleichzeitig der eisernen Verankerung des Ofens als Stütze dienen; zu diesen Arbeiten verwendet man gewöhnliche Backsteine und Mörtel aus Kalk und Sand.

Die senkrecht auf die Scheidewände der Arbeitsplätze, vis à vis den Zügen der Aufbrechlöcher, angebrachten eisernen Stäbe sind mit mehreren Angeln versehen, welche eiserne Thüren tragen, die, wenn sie offen stehen, als Verlängerung der Scheidewände dienen, in geschlossenem Zustande aber gleichsam eine Verlängerung des oberen Ofenmantels vorstellen, indem jede derselben mit den zwei anstossenden Scheidewänden einen nach dem Mantel führenden Zug bildet, durch welchen die während des Schmelzens aus den Arbeitslöchern strömende Hitze nach oben abgeleitet wird. In der Höhe der Arbeitsöffnungen befindet sich in jeder Thür ein kleines Loch, welches dem Schmelzer erlaubt, die aus der hinter derselben befindlichen Arbeitsöffnung schlagende Flamme zu beobachten.

Es ist noch nicht lange her, namentlich in Deutschland, dass man angefangen hat, den Schmelzofen mit einer gut ziehenden Esse in Verbindung zu setzen; nur in Frankreich, zum Teil auch in Belgien, hat man schon seit längerer Zeit, nachdem man die vorteilhafte Wirkung der in England gebräuchlichen, schon oben erwähnten pyramidenartigen Hüttengebäude kennen gelernt hatte, den Schmelzöfen eigene Schornsteine gegeben. Man begnügte sich, und begnügt sich zum Teil noch jetzt mit dem durch die Arbeitsöffnungen bewirkten, bei geschlossenen Fenstern und Thüren des Hüttengebäudes, nur schlecht fungierenden Luftzug, wobei man zur Entfernung von Rauch und anderer beim Schmelzen entstehender gasförmiger Produkte Oeffnungen in dem First des Gebäudes anbrachte.

Alle diese Uebelstände sind schon längst tief empfunden worden, ohne dass man es gewagt hätte ihnen durch Anlegung wirklicher Schornsteine in der gewöhnlichen Weise zu begegnen. Diese Rücksichten waren praktischer Natur, und scheinbar dadurch geboten, dass es sich beim Glasschmelzen darum handelt, die mit dem zu schmelzenden Glase gefüllten und an verschiedenen Stellen des Ofens befindlichen Häfen gleichmässig zu erhitzen. Dies lässt sich aber, wie bereits oben gesagt, bei dem nach einer Richtung wirkenden Luftzuge, wie ihn die Esse erzeugt, nicht erreichen, indem nur diejenigen Häfen, welche unmittelbar dem Feuerstrome ausgesetzt sind, die zum Schmelzen des Glases erforderliche hohe Temperatur empfangen; eine Ablenkung des heissen

Luftstroms nach jedem einzelnen Hafen, wie sie sich nötig macht, findet hierbei nicht statt. Zur Erreichung eines stärkeren Zuges hat man verschiedene Wege eingeschlagen, und entweder mehrere kleinere Essen an der Peripherie des Ofens zweckmässig verteilt, zwischen je zwei Arbeitsöffnungen oder in die vier Ecken des Ofens gelegt, oder dem Schmelzofen zwei Gewölbe gegeben, die unter sich vermittelst einer Oeffnung in der Mitte des ersten Gewölbes in Verbindung stehen, während eine gleiche Oeffnung im oberen Gewölbe die heisse Luft nach einem gewöhnlichen Schornsteine abführt, wie dies an einer früheren Stelle bereits eingehender besprochen wurde. Endlich hat man auch den ganzen Ofen mit einem Mantel von Eisenblech oder gebrannten Steinen umgeben, in welchen die kleineren seitlichen Essen oder Arbeitsöffnungen einmünden, und aus welchem die Gase in den Schornstein gelangen; eine Abänderung der letztern Einrichtungen besteht darin, dass man, um die Hitze noch mehr zusammenzuhalten, auch die zweite Kappe noch mit einem Mantel umgibt, wo dann in den Raum zwischen diesem und der Kappe die Züge von noch andern Oefen eingeführt werden können. In einem solchen Falle ist auch die zweite Kappe aus feuerfesten Steinen und der Mantel aus gewöhnlichen gebrannten Steinen aufgeführt.

Der Mantel wird bald durch die an den vier Ecken des Schmelzofens angebaute und durch die abgehende Wärme geheizten Nebenöfen, bald durch vier isoliert stehende, an den vier Ecken aus Backsteinen aufgemauerten Pfeiler unterstützt. Hierbei muss man zwischen dem Schmelzofen und den Pfeilern einen Raum von etwa 30 cm lassen, damit nicht die Pfeiler durch die Ausdehnung, welche der Schmelzofen während des Betriebes erleidet, zerstört werden.

Zur Belebung oder Unterbrechung des Zuges bedient man sich Thonplatten von verschiedener Breite; vor die Arbeitsöffnung eines Hafens, der noch zurück ist, legt man eine schmale Platte dieser Art; vor die eines Hafens, der zu weit vorgeschritten ist, eine breite, um hierdurch den Luftzug ganz zu unterbrechen.

Wie schon oben gesagt, münden auch die Züge der Aufbrechöffnungen unter den Mantel des grossen Schornsteines; indem der Schmelzer ihre Ausgänge öffnet oder verschliesst, ist er im stande den Gang des Ofens, d. h. die Richtung des Zugs nach seinem Belieben zu regulieren.

Wenn man in bedekten Häfen, deren Schnauze die Arbeitsöffnung gänzlich ausfüllt, schmelzt, muss man in ähnlicher Weise, wie **Fig. 84, Taf. X** und **94, Taf. XI**, zeigen, die Zugöffnungen anbringen.

Wenn der nötige Zug vorhanden ist, dann erzeugen in einem Ofen mit hohem Schornsteine selbst mittelmässige Brennstoffe einen grösseren Effekt, als das beste Brennmaterial in einem Ofen ohne Schornstein. Bei zu starkem Zuge hat man es ganz in seiner Gewalt ihn zu mässigen, während man, wenn es an dem nötigen Zuge fehlt, kein Mittel besitzt diesem abzuhelfen. Es erwächst hieraus nicht nur eine grosse Ersparnis an Zeit und Brennmaterial und eine ansehnliche Steigerung der Produktion, sondern man erhält auch ein weit besseres Glas.

Die Temperatur, der Druck und Feuchtigkeitszustand der Luft, sowie auch die Sonnenstrahlen üben einen grossen Einfluss auf den

Zug der Schornsteine aus, und leider sind dies Elemente, die sich unserer Herrschaft gänzlich entziehen. Wenn man Schornsteine aus Eisenblech anwendet, so pflegt man sie innen mit einem Mörtel, der durch ein Drahtnetz oder vorspringende Niete festgehalten wird, zu überziehen.

Sehr leichte und dauerhafte Schornsteine erhält man, wenn man ein pyramidenförmiges eisernes Gerüst herstellt, dasselbe mit einem Drahtnetz umgibt, und das Ganze aussen und innen mit einem Mörtel aus Thon, Sand und etwas Eisenfeilspänen überzieht. Ein schlechtleitender Ueberzug erhält die Schornsteine von Eisenblech wärmer, und schützt sie gegen den Angriff der schwefligen Säure, die sich teils aus dem Brennmaterial (Stein- oder Braunkohlen), teils aus den verschmolzenen Stoffen entwickelt.

Eine eigentümliche Anordnung der Doppelkappe und des Schornsteins hat Schür seinem Ofen, der, für Koksheizung eingerichtet, eigentlich schon einen Gasofen mit eingebautem Generator repräsentiert. Wie **Fig. 97, Taf. IX,** zeigt ist die Wölbung der zweiten Kappe bedeutend höher, und letztere noch mit einem Mantel von gewöhnlichen roten Backsteinen versehen, wodurch die Hitze noch mehr zusammengehalten wird. Dieser Mantel zieht sich nach oben stark zusammen, und nimmt in der, in seiner Spitze befindlichen Oeffnung ein 15 m langes und 30 cm weites Rohr von starkem Eisenblech auf, welches als Schornstein fungiert; unter den Mantel kann man auch noch die Rauchröhren benachbarter Oefen münden lassen.

Wenn die Oefen für den Spiegelguss bestimmt waren, so besassen sie eine von der vorstehend beschriebenen etwas abweichende Einrichtung und zwar in der Weise, dass die Aufbrechlöcher oder Hafenthore gross und weit genug waren, um die Wannen verhältnismässig leicht einsetzen und im gefüllten Zustande herausnehmen zu können. Die Schmelzung geschah in grossen Häfen, aus welchen das flüssige Glas in kleinere Häfen, die Wannen, übergefüllt wurde, um in diesen auf den Giesstisch gefahren zu werden; in seiner sonstigen Konstruktion kam jedoch dieser Ofen mit dem zuerst beschriebenen ganz überein.

Da bei den vorstehend beschriebenen innern Einrichtungen des Schmelzofens die Häfen auf den Bänken nicht auf allen Seiten von der Flamme getroffen und umspielt werden können, so gab Chance den Oefen, resp. Bänken folgende in **Fig. 98, Taf. X,** im Grundriss dargestellte Konstruktion. Der Ofen enthält 5 Querbänke *a a*, auf deren jeder 2 Häfen stehen, zu denen man durch die Oeffnungen *b b*, die während der Schmelzung geschlossen werden, wie bei den gewöhnlichen Oefen, gelangen kann. Das Einbringen der Häfen geschieht durch die an den beiden Enden des Ofens angebrachten Hafenthore, die alsdann zugemauert werden. Die Feuerungen befinden sich unterhalb der Häfen, und sind, wie dies aus der Zeichnung zu ersehen ist, so angelegt, dass die letztern fast an allen Stellen von der Flamme getroffen werden. Da die Gewölbe, aus denen hier die Bänke gebildet wurden, einer sehr grossen Hitze ausgesetzt sind, so müssen dieselben, wenn nicht häufige Reparaturen und Störungen eintreten sollen, aus den besten feuerfesten Steinen hergestellt werden; trotzdem aber konnten sie, schwer belastet durch die Häfen und den zerstörenden Wirkungen der Hitze und des

Herdglases allzusehr ausgesetzt, nur von geringer Dauer sein, ein Umstand, der die weitere Verbreitung dieser Oefen verhinderte.

Es würde nicht schwierig sein, noch die Beschreibung einer Menge andrer Glasschmelzöfen, die entweder auf Holz-, Steinkohlen- oder Braunkohlenfeuerung eingerichtet sind, zu geben; die vorstehend beschriebenen zeigen jedoch alle die Teile, welche allen, wenn auch hier und da in etwas modifizierter Gestalt, gemeinsam sind. Wir wenden uns daher der Beschreibung solcher Oefen zu, deren Konstruktion auf wesentlich anderem Prinzipe beruht, wie es uns in den seit etwa 30 Jahren in die Glasindustrie, anfänglich zwar mit wenig Erfolg, eingeführten, nun aber für dieselbe von so hoher Bedeutung gewordenen Oefen mit Gasfeuerung entgegentritt.

Ob schon die von Chance entworfene Konstruktion eines Ofens für Anthracit*), bei welcher mittels eines Gebläses gepresste Luft unter den Rost geführt wurde, als eine aus der Analogie der Hochöfen abgeleitete bewusste Anwendung der Gasfeuerung anzusehen sei, oder ob der Erbauer lediglich in der Absicht handelte, das schwer brennbare Material unter Vermeidung des wenig beliebten stark ziehenden Schornsteins durch die Gebläseluft für die Zwecke der Glasindustrie dienstbar zu machen, möge dahingestellt bleiben; die früher als wesentlichstes Charakteristikum der Gasfeuerung erkannte Zuführung von Verbrennungsluft an zwei lokal voneinander getrennten Stellen aber ist zuerst wohl von Bellford angewendet worden.

Bellfords Ofens, der namentlich in Belgien mehrfache Anwendung fand, weicht bezüglich der Einrichtung des Schmelzraums, wie aus **Fig. 99, Taf. XI**, ersichtlich, von den gewöhnlichen Oefen in keiner Weise ab. Auf jeder Seite des zur Aufnahme von 8 bis 10 Häfen bestimmten Ofens sind die beiden kleinen Generatoren *A* mit ihren Rosten *B* und ihren luftdicht verschlossenen Aschenfällen *C* angebracht. Die Beschickung mit dem Brennmaterial geschieht durch die Schürlöcher *E*. Beim Anfeuern des Ofens bringt man einige glühende Kohlen auf den Rost, dann Brennmaterial, lässt dieses in Glut kommen, verschliesst die Oeffnung unter dem Rost luftdicht, füllt den Generator mit Kohlen an und setzt dass mit der Röhre *L* in Verbindung gebrachte Gebläse in Thätigkeit. Ein Teil der Luft gelangt durch die Röhren *L*, die bei *i i* mit Ventilen versehen sind, durch die Roste in die Kohlenschichten. Ein anderer Teil der bei *L* eingepressten Luft nimmt ihren Weg durch die ebenfalls mit Ventilen versehenen Röhren *H* zu den gewundenen Röhren *G*, die in den Kammern *F* angebracht sind. Letztere werden durch die Füchse *g*, die die heisse Luft des Schmelzofens nach den Nebenöfen abführen, geheizt. Auf diese Weise wird auch die durch *G* anlangende atmosphärische Luft erhitzt, die nun bei *h* mit den brennbaren Gasen zusammentrifft, worauf die Flamme durch die Füchse *d* in den mit den Häfen *o o* besetzten Schmelzraum *D* gelangt. *a a* sind Arbeitsöffnungen, *I* eine Vertiefung, in welcher sich das übergeflossene Glas ansammelt. In dem Masse, wie in dem Generator die Kohlen niederbrennen, schüttet man stets frische nach, so dass der Generator immer gefüllt bleibt.

*) Vergl. Polyt. Centralbl. 1883, p. 1061.

Nach Bontemps soll dann ferner Fikentscher in Zwickau ums Jahr 1850 in einem Sechshafenofen Glas mit Braunkohlengas geschmolzen aber wenig Erfolg erzielt haben, weil die den ausserhalb des Hüttengebäudes gelegenen Generator mit dem Ofen verbindenden Gasleitungsröhren sich oft mit Teermassen verstopften. In der Folge konstruierte daher Poduschka einen Gasofen, der auch 1856 auf einem Hüttenwerke bei Tscheitsch in Mähren eingeführt wurde, in welchem die Gase mittels eines Kondensators von den teerigen Substanzen gereinigt wurden. Aber bei diesem Ofen war ein Exhaustor angeordnet, welcher die Gase aus dem Generator absaugte und sie dem Schmelzraum zuführte; er sowohl, als auch die Wasserpumpe für den Kondensator bedurfte einer Triebkraft und machte Anlage und Betrieb kompliziert und kostspielig, während gleichzeitig die überflüssige Wärme des Generators durch Abkühlung der Gase verloren ging und auch die Abhitze des Schmelzraums nicht zur Verwertung gelangte.

Dies Letztere in vollkommenerer Weise zu ermöglichen, als es in dem beschriebenen Bellfordschen Ofen geschah, konstruierte Schinz mehrere Gasöfen für Tafelglas sowohl wie für Hohlglas, deren ersteren **Fig. 100, Taf. XI,** im Längsschnitt, **Fig. 101, Taf. XI,** im Horizontalschnitt und **Fig. 102, Taf. XI,** im Querschnitt in Verbindung mit einem Streckofen darstellt.

CC, **Fig. 100,** ist der Generator für Holz, Torf oder Braunkohle nach Thoma, den wir weiter unten ausführlich beschreiben werden. *DD* Reinigungskanal zum Absetzen der Flugasche; *ee* Düsenrohr zum Einblasen der heissen Verbrennungsluft; *aaa* drei Glashäfen auf der Bank *EE*. Neben der Bank befinden sich zwei Vertiefungen *gg*, welche das Herdglas nach dem Kanal *FF* abfliessen lassen, um es dort in untergestellten, mit Wasser gefüllten Gefässen zu sammeln.

Das Gewölbe *hh* enthält die sechs Arbeitsöffnungen *iii*...; die dort ausströmende Flamme steigt durch die Kanäle *kk*, **Fig. 102,** in den oben gelegenen Raum *LL*, welcher den Luftwärmapparat enthält. Letzterer besteht aus einer grossen gusseisernen ovalen Röhre *MM*, **Fig. 100,** welche die kleineren Röhren *n* und *o* umschliesst. Der Wind wird durch das Rohr *n* eingeführt, geht, nachdem er aus diesem ausgetreten, in dem grossen Rohre an dessen anderes Ende zurück, um hier von dem Rohre *o* aufgenommen und dem Düsenrohre *e* zugeführt zu werden. Durch diese Röhren *oo* geht eine kupferne Stange, welche durch ihre Ausdehnung den Regulator *P* in Thätigkeit setzt. Die Röhre *qq* ist die Hauptwindleitung, die vom Ventilator kommt und sowohl nach dem Generator *C*, als nach dem Lufterhitzungsapparat *M* führt.

Hinter den drei Glashäfen *aaa* ist die durchbrochene Wand *R* (**Fig. 100**), welche Oeffnungen lässt, um einem Teil der Flamme Eingang in den Kanal *S* zu verschaffen. Dieser Kanal *S* kann zum Vorwärmen der Glashäfen oder auch zum Kalcinieren und Vorwärmen des Schmelzmaterials dienen. Das Gewölbe über dem Kanale *S* (**Fig. 100**) ist durch 6 Füchse *vvv* (**Fig. 101**) durchbrochen, welche die Flamme in den Streck- oder Glättofen *BB* führen; die bereits etwas abgekühlten Verbrennungsprodukte gehen durch die Kanäle *ZZ* in den Raum *LL*, in welchem der Lufterhitzungsapparat *M* liegt; im übrigen ist die Einrichtung dieses Streckofens die gewöhnliche.

Der Regulator *P* hat die Bestimmung, Luft und Gase ohne Unterbrechung stets in richtigem Volum-Verhältnis in den Verbrennungskanal zu bringen, und zwar auch in dem Falle, wenn die Verbrennungsluft in dem dazu bestimmten Apparate unregelmässig erhitzt wird und dadurch im Volum wechselt. Durch die mit steigender Temperatur der Gebläseluft zunehmende Ausdehnung der in den Röhren *o* befindlichen Kupferstangen, welche mittels Zahnradstange, Getriebe und einer Hebelübersetzung *pp* auf ein im Luftrohre *q* vorhandenes Ventil wirkt, wird dies erreicht. Denn in demselben Masse, in welchem bei zunehmender Erhitzung die Verbrennungsluft infolge der hierdurch bedingten Ausdehnung in der Zeiteinheit aus dem Düsenrohre *e* ausströmende Quantum derselben geringer wird, wird auch durch allmähliches Schliessen des erwähnten Ventils der Zutritt der Gebläseluft in den Ventilator und somit die Gaserzeugung verringert.

Der oben erwähnte, in seiner ganzen Einrichtung als Schachtofen mit Gebläse die enge Anlehnung der damaligen Gasfeuerung an die Benutzung der Hochofengichtgase erkennen lassende Generator von Thoma, der **Fig. 100, Taf. XI,** für Holz, Torf oder Braunkohle bestimmt, besitzt folgende Konstruktion.

Der Füllcylinder *f* ist an seiner Basis mit einer parallelepipedischen Flantsche versehen, die durch zwei auf den Generator geschraubte Leisten geführt wird. Der Cylinder steht entweder vor oder hinter der Oeffnung des Generators, welche durch die Flantsche zugedeckt wird; will man Brennstoff in den Generator gelangen lassen, so füllt man den Cylinder, verschliesst genau seinen Deckel und schiebt ihn dann so weit vor, dass sein Inhalt in den Generator fällt. Unter dem Füllcylinder befindet sich ein 2,2 bis 2,6 m hoher Schacht, der beständig mit Brennstoff gefüllt bleibt; unter diesem erweitert sich der Generator zu einem Durchmesser von 1,3 m. Der Uebergang vom Schacht zum Gasbildungsraum ist so gebaut, dass zwischen der im Generator niedergehenden Beschickung und dem Mauerwerke ein leerer Raum gebildet wird, in welchem die Gase sich ansammeln und aus dem sie dann durch den in gleicher Höhe befindlichen Gaskanal *bb* entweichen können.

Unmittelbar über dem Roste sind zwei einander gegenüberstehende Thüren oder Klappen, durch welche man den Rost reinigen kann; die Windzuleitung unter dem Roste ist nach unten schräg abgeschnitten, damit keine Asche in dieselbe fallen könne. Der Aschenherd ist sorgfältig zu verschliessen, weil ausserdem nicht nur Luft verloren gehen, sondern man auch keine Kontrolle über die wirklich verwendete Luftmenge haben würde. Um den Rost möglichst zu schonen, versieht man die Sohle des Aschenherds mit einer Schicht Wasser; dies verdunstet fortwährend durch die Strahlung des Rostes, und die so erzeugten Dämpfe liefern bei ihrem Durchgange durch den Generator Wasserstoff und Kohlenoxyd.

Die kleinen Oeffnungen *dd* in dem über dem eigentlichen Generator stehenden Schachte sind Schürlöcher, durch welche man den Stand der Brennstoffe in diesem Schachte beobachtet.

Dieselben Generatoren verwendete **Schinz** bei seinem Gasofen für Hohlglas, von welchem **Fig. 103, Taf. XI**, einen Längsschnitt, **Fig. 104, Taf. XI**, einen Horizontalschnitt zeigt.

Zwischen den beiden Generatoren AA und $A_1 A_1$ steht der Lufterhitzungsapparat cc, welcher hier mit separater Feuerung versehen ist. Von dem Roste der letzteren steigen die Verbrennungsprodukte durch das Rohr C in den von einem Blechmantel tt umschlossenen Raum ZZ, um in diesem abwärts fallend die Züge qq, welche zur Esse führen, zu erreichen.

Die zu erhitzende Luft wird durch Röhren dd aus der Hauptwindleitung E in den Raum SS eingeblasen; die an die Transmissionsfläche tt tretende Luft hat, nachdem sie Wärme angenommen, das Bestreben sich in senkrechter Richtung zu erheben; die schiefe Richtung von ss zwingt sie aber stets, diese Fläche zu bestreichen, immer mehr und mehr Wärme aufzunehmen, und an immer heissere Stellen zu gelangen.

Aus dem Lufterhitzungsapparate steigt die Luft durch zwei Röhrenschenkel ff, die oben durch einen Bogen verbunden sind, der durch Oeffnungen in dünner Wand den Wind ausbläst, trifft mit dem durch die Gaskanäle gg zugeführten Gase zusammen und treibt die hier sich bildende Flamme durch den Schlitz G in den Schmelzraum hinauf, in welchem auf elliptischer Bank sechs Häfen aaa stehen.

Die im eigentlichen Schmelzraume zusammengepresste und zurückgeworfene Flamme dringt zum kleinsten Teil durch die Arbeitsöffnungen iii, der grössere Teil jedoch zieht durch die durchbrochenen Wände kk in die Kanäle BB, die zum Vorwärmen und Kalcinieren von Häfen und Glasmaterialien dienen. Aus den kurzen Kanälen BB steigt die Flamme durch die Füchse lll in die Kanäle mmm, die auf jeder Seite 15 bis 24 m entlang gehen und zum Kühlen des Glases dienen. Die Füchse lll können durch Deckplatten mehr oder weniger geschlossen werden, um den Abzug der Flamme zu regulieren. Die etwas abgekühlten Verbrennungsprodukte strömen endlich durch Füchse in und über den Kanälen mmm in das ebenso lange Gewölbe NNN, in welchem eiserne Wagen O auf Schienen beweglich sind, in denen Holz, Torf und Braunkohlen getrocknet werden; pp bezeichnet den früher beschriebenen Regulator für die Windströmung.

Lässt sich an diesen Konstruktionen auch das Bestreben, die abziehende Wärme der Oefen thunlichst auszunutzen, nicht verkennen, so steht doch das Erreichte in keinem Verhältnisse zu den unpraktischen Komplikationen der Apparate, welche nur zu deutlich die Studierstube als Geburtsstätte der letzteren erkennen lassen. Ist demzufolge auch der **Schinz**sche Ofen, wie so mancher andere, für die ausübende Technik ohne grosse Bedeutung geblieben, so sind diese doch für die Geschichte der Entwickelung der Glasindustrie, speziell der Gasschmelzöfen, von grossem Interesse, als Beweis für die Thatsache, dass selbst herorragende Fachmänner in ihrem Ringen nach Vollkommenem auf Irrwegen über das oft naheliegende Ziel hinausschweifen. Aus diesem Grunde mag auch noch ein anderer von **Flamm***) beschriebener Ofen

*) Guide pratique du constructeur. 54.

hier eine Stelle finden. Abgebildet ist derselbe im Längsschnitt in **Fig. 105, Taf. XII**, während **Fig. 106, Taf. XII**, einen Querschnitt über den Bänken zeigt.

Jeder der dem Ofen angebauten Pfeiler enthält zwei Zugöffnungen F und S, **Fig. 106, Taf. XII**, die an der Basis derselben in der Höhe des Fussbodens ihre Einmündung haben. Jede Thür hat auf der Höhe der Bänke, in der Mitte ihres untern Standes eine Oeffnung, vor welcher ein Wechselventil H angebracht ist, welches links und rechts mit F und S in Verbindung ist. Vor jeder der erwähnten Oeffnungen G befindet sich eine abwärtsführende Röhre T, **Fig. 105**, welche in der Höhe der Gasausströmung sich horizontal einwärts biegt und in eine ringförmige Kammer X mündet; die oberen Oeffnungen dieser Röhren sind unter dem Wechselventile H so angeordnet, dass entweder, wie in **Fig. 107, Taf. XII**, angedeutet, der Zug S mit dem halbgeöffneten Rohre T in Verbindung steht, während gleichzeitig die Abhitze des Ofens durch die Oeffnung G nach den Zügen F entweicht, oder, nach Umstellung des Ventilhebels, G mit S und F mit T kommuniziert. Auf diese Weise werden bald die Züge F bald die Züge S durch die abziehenden Verbrennungsprodukte erhitzt, während gleichzeitig, wie wir gleich sehen werden, die Verbrennungsluft gezwungen ist, durch die Züge S resp. F ihren Weg nach T, X und dem Verbrennungsraum zu nehmen. Die Handhaben zum Einstellen der Wechselventile sind sämtlich miteinander verbunden, so dass man sie in jeder beliebigen Richtung zu gleicher Zeit bewegen kann.

Diese Abwechselung in der Richtung der Ströme in den Röhren F, S und T würde nicht eintreten, wenn über der Kappe des Ofens, und unter dem Boden des Schornsteins M, nicht ein anderer Apparat, der Verteiler oder der Distributeur angebracht wäre. Bevor wir jedoch zu dessen näherer Beschreibung übergehen, sei zunächst des weiteren Verlaufs der Züge F und S gedacht.

In **Fig. 108, Taf. XII**, ist der über der Ofenkappe liegende Konstruktionsteil im Horizontalschnitt und grösserem Massstabe wiedergegeben. F und S deuten die Einmündungen der betreffenden Röhren in je ein, aus dünnen Thonplatten hergestelltes, Kanalsystem an, deren gewöhnlich 3 oder 5 übereinander liegen. Die tiefer liegenden Wechselventile H sind gleichfalls in der Zeichnung zu erkennen. Durch die eine Hälfte jener Kanalsysteme nun nehmen die Verbrennungsprodukte ihren Weg zum Distributeur und zum Schornstein, an die thönernen Scheidewände ihre Hitze abgebend, während gleichzeitig durch die andere Hälfte die Verbrennungsluft einströmt, an den vorher erhitzten Wänden selbst sich erwärmend. Dabei sind die übereinanderliegenden einander entsprechenden Systeme so angeordnet, dass das unterste mit dem zugehörigen Zuge F oder S, das oberste aber mit dem Distributeur in Verbindung steht, so dass die Gase resp. die Luft sämtliche drei oder fünf Schichten zu durchströmen gezwungen sind.

Der Verteiler besteht aus zwei röhrenförmigen Stücken mit umgebogenem Rande; das obere Stück 39, **Fig. 109, Taf. XII**, geht mit seinem Ansatze in den unten offenen Schornstein M; dasselbe ist mittels zweier Bolzen 40 befestigt, welche übers Kreuz durch den Ansatz und den Schornstein gehen; der horizontale Rand dieses Stücks 39 trägt

acht kleine feste Bolzen *yy*, mittels welcher das Stück 38 dergestalt aufgehängt ist, dass es eine $^1/_{16}$ Umdrehung um den Mittelpunkt des Schornsteins machen kann. Diese kreisförmige Bewegung wird durch 8 Einschnitte in dem oberen horizontalen Rande des Stücks 38 bewirkt, durch welche jene 8 Bolzen *yy* hindurchgehen. Dieser Apparat bildet den beweglichen Boden des Schornsteins *M*, welcher selbst wieder, um ihn von der Kappe des Ofens unabhängig zu machen, durch doppelte eiserne Querstäbe 42 getragen wird. (**Fig. 105, Taf. XII.**)

Den Boden des Verteilers bildet eine ebene mit 8 Ausschnitten *Z* versehene Scheibe, durch welche die Verbrennungsprodukte ihren Weg nach dem Schornsteine finden. (**Fig. 110, Taf. XII.**) Auf ihrem Umfange *ss* trägt diese Scheibe 8 Ausschnitte *ff*, durch welche die kalte Luft in die entsprechenden Kanäle gelangt; auf ihrer untern Seite trägt die Scheibe einen ringförmigen vertikalen Rand, der mit 8 Ausschnitten *oo* versehen ist, so dass die Teile *nn* und die 8 Oeffnungen *oo* entstehen; diese letzteren stellen mittels der 8 Vorsprünge *ss*, die die Oeffnungen der nächst gelegenen Kanäle schliessen, die Verbindungen zwischen 8 Reihen der andern Kanäle und den 8 Löchern des Bodens *zz* her, während die Ausschnitte *ff* (auf dem Rand der Scheibe) die Oeffnungen der benachbarten 8 Reihen, durch welche die kalte Luft eintritt, frei machen, und die Teile *nn* gleichzeitig deren Verbindung mit dem Schornstein unterbrechen.

Die durch **Fig. 108** bezeichnete Stellung des Verteilers über der Kappe setzt alle Röhren *F* des Ofens in Verbindung mit allen Oeffnungen *zz* des Verteilers; die Rauchgase werden also mittels des Schornsteins genötigt, ihren Ausgang durch die Löcher *G* zu nehmen, die eine Hälfte der Wechselventile *H* zu durchstreichen, in den Röhren *F* aufzusteigen und sich, nachdem sie in den respektiven drei oder fünf übereinanderliegenden Kanalröhren zirkuliert haben, in den Schornstein zu begeben. Gleichzeitig tritt durch die 8 Einschnitte *ff* die kalte Luft ein, verfolgt ihren Lauf durch die gewundenen Kanäle, steigt in der Röhre *S* hinab, durchläuft die andere Hälfte der Wechselventile *H*, dann die Röhren *T* und kommt stark erhitzt in dem geschlossenen Verbrennungsraume an.

Sobald man die Schirme *U* eine viertel, und den Verteiler eine sechzehntel Umdrehung hat machen lassen, kehren sich die Ströme sofort um, die aufsteigenden werden zu absteigenden, und umgekehrt. Durch diese Abwechselung in der Bewegung der kalten Luft und der verbrannten Gase nehmen die Kanäle die unbenutzt aus dem Ofen entweichende Wärme auf, und geben sie ebenso wieder ab.

Wenn der Ofen mittels eines Ventilators mit Luft gespeist wird, so hat der Verteiler ein Luftreservoir, in welches der Zufluss stattfindet. Dieses Reservoir besteht alsdann aus einer runden auf dem Rande der Scheibe angebrachten Hülse 41, an deren Boden die Teile *ss* und deren Ausschnitte *ff* Oeffnungen bilden, durch welche die Luft ihren Weg nimmt, um die heissen Kanäle zu durchlaufen.

In **Fig. 105, Taf. XII**, sind gleichzeitig Details des Generators, eines Kondensators, der Gasleitungen, der Brenner u. s. w. gegeben, zu welchen nachstehend noch einige Erläuterungen folgen mögen.

Es ist 10, das Innere des Generators, aus Backsteinen erbaut.

15, Treppenrost aus Stäben von nicht geschweisstem Eisen, welches mehr Widerstand leistet, als Guss oder feines Eisen. Diese Roststäbe gleiten mit ihren Enden in den Nuten zweier gusseiserner Ständer; obgleich durch letztere festgehalten, können sie doch, während der Generator im Gange ist, ausgewechselt werden.

16, Aschenfall unter dem Rost. Wenn man den Rost auf mechanischem Wege mit Luft speisen will, so verschliesst man den Eingang des Aschenfalls mit einer Mauer aus Backsteinen, in welcher man in verschiedenen Höhen mit Thüren versehene Oeffnungen anbringt, durch welche man den Rost frei macht und den Aschenfall reinigt.

7, Rumpf oder Trichter aus Eisenblech, auf der die Gicht bedeckenden Platte befestigt.

9, die den oberen Teil umgebende, mit Teer gefüllte Rinne, welche den Verschluss bildet.

6, ihr Deckel mit Rand von starkem Eisenblech.

8, beweglicher Boden des Trichters.

2, eiserner Stiel.

3, Querstück oder Marke, um die normale Höhe des Brennstoffs zu erkennen, wenn man mit dem beweglichen Boden sondiert.

5, Klemmschraube, vermittelst welcher man den Stiel am Deckel feststellen kann.

1, Rolle, über welche die das Gegengewicht tragende Kette geht.

11, Seitenöffnung unter der Platte der Gicht, durch welche das in dem Generator erzeugte Gas den vertikalen Kanal

14, erreicht.

12, Sicherheitsverschluss für das Mannloch des Kanals 14.

13, Ventil, welches den Gaszufluss unterbricht; aufgezogen legt es sich in das Mannloch; bei einer Explosion bewegt es sich mit dem Sicherheitsverschluss.

17, Glocke mit zackig ausgeschnittenen Rändern, in ihren Verschluss eintauchend, durch welchen der kondensierte Teer in die Zisterne abfliessen kann, ohne dass Gas nachfolgt.

18, Röhre für den Teer, in Wasser mündend, dessen Stand sich nicht ändert.

20, Abflusskanal für den Teer nach einer Zisterne.

19, Senkgrube mit Wasser gefüllt.

22, der Hauptkanal für den Abfluss des Gases.

Wenn wegen des angewendeten Brennmaterials das Gas einer vorgängigen Reinigung bedarf, so muss man den Kondensator einschalten; entgegengesetzten Falles verlängert sich der Kanal 22 ohne Unterbrechung bis unter den Schmelzofen. Der Kondensator besteht aus einer Wasser enthaltenden Zisterne mit konstantem Niveau.

24, grosser Cylinder von Eisenblech mit seinem Verschluss, dessen äusserer Rand den des Cylinders überragt, zur Aufnahme des Kondensationswassers, welches den Verschluss unterhält.

23, 27, zwei Ansätze am grossen Cylinder 24, die rechts und links die Verbindung mit dem Hauptkanal 22 und 35 herstellen.

25, Cylinder von Eisenblech, in den grössern eingeschlossen, wie dieser, mit Ausschnitten an seiner untern, in das Wasser tauchenden Mündung.

28, röhrenförmiger Ansatz am Cylinder 25, der sich in den Ansatz 27 des grossen Cylinders einschieben lässt.

26, aufrechtstehende Röhre mit einer Brause, die aussen mit einem mit Wasser gefüllten Behälter kommuniziert, dessen Abfluss durch einen nicht gezeichneten Hahn reguliert wird. Um den genügenden Druck herzustellen, steht dieser Behälter 2 m über der Brause.

Das zur Kondensation des Gases benutzte und mit Teer gesättigte Wasser ergiesst sich in die Zisterne und fliesst durch das Rohr 36 in den Kanal 21 ab, um sich nach der Zisterne für den Teer zu begeben.

31, Verschluss an einer Nebensenkgrube.

30, zweiter Gasverschluss in der Nähe des Schmelzofens, mittels des Stiels 32 an der Rolle 33 befestigt.

29, dritter Abfluss für den Teer nach der den andern gemeinsamen Zisterne.

37, Steigrohr welches das Gas aus dem Kanal 35 dem Ofen zuführt.

W, Mündung der seitlich in den Ofen anlangenden Gasleitung.

R, Thonplatte, die die Zerteilung des Gases bewirkt.

X, Reservoir oder Kammer für die überhitzte Luft.

B, der Herd des Ofens, in welchem die innige Mengung von Gas und heisser Luft vor sich geht.

C, die Bänke, auf welchen die Häfen stehen.

M, allgemeiner Schornstein.

44, Handhabe von Eisen, vermittelst welcher man dem an dem Schornstein *M* durch den festen Hals 39 angehängten Verteiler 38 eine Sechzehntel-Umdrehung gibt.

Es würde zu weit führen, an diesem Orte auch noch so mancher andern Konstruktion zu gedenken, die wie die vorigen kaum über das Stadium des Versuchs, vielleicht nicht einmal über das des Projekts hinausgekommen, und wir wenden uns daher in folgendem demjenigen Systeme zu, welches, obschon in seinem Anfängen nicht frei von Mängeln aller Art, durch die Energie seiner Schöpfer allmählich einer solchen Vollkommenheit entgegengeführt wurde, dass es die Gasfeuerung nicht nur zu einer gewissen Lebensfähigkeit verholfen, sondern sie vielmehr zu einer der hervorragendsten Errungenschaften der Technik emporgehoben hat.

Dieses System, das wir bereits im vorigen Abschnitt als das von den Gebrüdern Friedrich und William Siemens unter dem Namen der regenerativen Gasfeuerung eingeführte kennen gelernt haben, basiert, wie wir am angezogenen Orte gesehen, auf der Wiederbenutzung der aus dem Ofen abziehenden und in mit Steingittern ausgesetzten Räumen, den Regeneratoren, aufgespeicherten sonst verlorenen Hitze, zur Vorwärmung des Gases sowohl als der Verbrennungsluft.

Der von Siemens angewendete Generator ist in **Fig. 111, Taf. XIII**, abgebildet.

Der schiefe Schacht A mit dem darüber gestülpten Eisendeckel dient zum Aufgeben des Brennstoffs; die mit feuerfestem Material gefütterte schiefe Ebene B bildet die Fortsetzung des Schachts A; von ihr aus gleiten die Kohlen auf den Rost C, auf welchem der Entgasungs- und Vergasungsprozess sich vollzieht, ersterer auf Kosten der durch den letzteren entwickelten überschüssigen Wärme. Unterhalb des Treppenrostes stützt sich die Brennmaterialsäule direkt auf die Sohle des Generators und hier werden hauptsächlich die gebildete Asche und die Schlacken entfernt. Gleichzeitig fliesst durch das Rohr R Wasser in ein am untern Ende des Treppenrostes befindliches Gefäss, wo es verdampft um sodann, als Dampf in den Generator gelangt, in der früher näher besprochenen Weise an dem Vergasungsprozesse zu partizipieren. Nachdem die Gase durch den Kanal K in das Rohr F aufgestiegen sind, nehmen sie ihren Weg durch das Rohr GG nach H um in diesem nach einem Teersammler herabzusteigen und dann in den Ofen zu gelangen. In den Röhren G und H findet eine teilweise Kondensation des Teers statt, um zu verhüten, dass zu grosse Mengen desselben in den Regenerator gelangen und die nach seiner Zerstörung durch die Hitze zurückbleibende Kohle die Züge verstopfe. Die Abkühlung der Gase in diesen Röhren hat aber noch einen anderen Zweck. Damit nämlich in den Regeneratoren und den Kanälen, die ihnen das Gas zuführen, sich letzteres nicht unter einem geringeren Drucke, als dem der Atmosphäre, befinde, wobei infolge von Undichtheiten in den Wandungen Luft angezogen werden und vorzeitige Verbrennung eintreten könnte, müssen die abgekühlten und darum spezifisch schwereren Gase durch das Rohr H sich gewissermassen selbst in den Teersammler und den Ofen herabdrücken.

Der Unterbau des letzteren ist in einem Schnitte nach EF der **Fig. 114** in **Fig. 112, Taf. XIII**, dargestellt. Zwischen BAB_1 und dem darüberliegenden Gaszuführungskanal befindet sich ein Wechselapparat, vermöge dessen das Gas bald nach B und bald nach B_1 geleitet werden kann. Ein gleicher Wechselapparat ist zwischen bab_1 und dem darüberliegenden Luftzuführungskanal eingeschaltet und ermöglicht, die zuströmende Luft bald nach b, bald nach b_1 zu leiten. Einen solchen Wechselapparat zeigt **Fig. 113, Taf. XIII**. K ist der Zuleitungskanal, r ein Ventil, welches die Verbindung desselben mit dem Wechsel herstellt oder unterbricht, BAB_1 entsprechen denselben Buchstaben der **Fig. 111, Taf. XIII**. Bei dem in **Fig. 113, Taf. XIII**, angenommenen Stande der Wechselklappe W geht das zuströmende Gas nach B und durch C in den darüber liegenden Regenerator D, welcher in **Fig. 114, Taf. XIII**, hinter dem sichtbaren Regenerator D_1 liegt. Gleichzeitig zieht ein Teil der Verbrennungsprodukte aus dem Ofen durch E_1 und den Regenerator D_1 in den unter dem letzteren liegenden Kanal C_1 und gelangt durch B_1 und A in den Kanal G, welcher in die Esse führt. Gleichzeitig fliesst die Verbrennungsluft durch b und c in den Regenerator d, aus welchem sie hocherhitzt in den Verbrennungsraum gelangt, während ein weiterer Anteil der Abhitze des Ofens durch e^1, d^1, c^1, b^1 und a gleichfalls nach G und die Esse abzieht. Auf diese Weise

werden von den vier vorhandenen Regeneratoren zwei fortwährend durch die abziehenden Rauchgase erhitzt, während von den beiden andern der eine zur Vorwärmung der Brenngase, der andere zur Vorwärmung der Verbrennungsluft dient.

Aus den Regeneratoren treten Gas oder Luft durch die Züge $E E_1$ ($e e_1$), deren jeder Regenerator zwei besitzt, in die Züge $F F_1$ und $f f_1$ und aus den letzteren in den Schmelzraum des Ofens. Die Lage dieser Züge ist aus den **Fig. 115** und **116, Taf. XIII**, ersichtlich, deren erstere einen Längsschnitt des Ofens nach CD zeigt, während die zweite ein Horizontalschnitt nach GH ist. Die genannten Züge führen gleichzeitig nach unten hin in die Kammern oder Taschen $H H_1$ das Herdglas ab und das letztere wird schliesslich von Zeit zu Zeit durch die für gewöhnlich mit den Vorsetzsteinen $h h_1$ und $i i_1$ und einer Zwischenfüllung verschlossenen Oeffnungen entfernt.

Sobald nun Gas und Luft, beispielsweise aus den Zügen F und f austretend, aufeinander treffen, entwickelt sich im Schmelzraum des Ofens die Flamme, welche, der Zugwirkung der Esse folgend, den letzteren durchzieht um durch F_1 und f_1 und weiterhin durch die Regeneratoren D_1 und d_1 in der bereits oben angedeuteten Weise nach C_1 und c_1 von da nach B_1 und b_1 und endlich durch A und a sowie die zugehörigen Wechselapparate nach G und dem Schornstein zu gelangen. Nach einer halben Stunde sind dann in der Regel die Regeneratoren $D d$ erkaltet, während die Regeneratoren $D_1 d_1$ in höchster Glut sich befinden und es wird nun durch Umstellung der Wechselklappen das Gas durch B^1 C^1 D^1 E^1 und F^1, die Luft aber entsprechend durch $b^1 c^1 d^1 e^1$ und f^1 in den Ofen geführt, auf welchem Wege beide in den Regeneratoren D^1 resp. d^1 erhitzt werden. In derselben Weise wird die Umstellung der Wechselklappen alle halbe Stunden vorgenommen und so der Ofen stets mit heissem Gas und heisser Luft versorgt.

Unter den Bänken liegen vier Kanäle $k k k_1 k_1$, welche einerseits nach aussen hin, anderseits in die im Rauchmauerwerk des Ofens ausgesparten vertikalen Züge $k k$ münden. Infolge der Zugwirkung der letzteren findet in den Kanälen $k k_1$ eine fortwährende Luftzirkulation statt, welche, durch teilweises Schliessen oder Oeffnen der Ausmündungen regulierbar, sowohl im allgemeinen zur Konservierung der Bänke beiträgt, im besonderen aber die Abkühlung des geläuterten Glases beschleunigen hilft. Schliesslich bleibt noch zu erwähnen, dass in den Zeichnungen noch $l l_1$ die Hafenthore, $m m$ die durch Vorsetzkuchen geschlossenen Aufbrechlöcher und $n n$ die mit Ringsteinen versehenen Arbeitslöcher bezeichnen. Gestatten endlich räumliche Verhältnisse oder Umstände anderer Art z. B. zu hoher Stand des Grundwassers nicht, die Regeneratoren als sogenannte stehende unter den Ofen zu verlegen, so können sie auch als liegende, welche die Gase alsdann in horizontaler Richtung durchstreichen, neben dem Ofen angebaut werden.

Nicht gleich von Anfang an zeigten die Siemensöfen, wie schon angedeutet, den hohen Grad der Vollkommenheit, in welchem wir sie hier vorgeführt und es erstanden ihnen infolgedessen manche Gegner. Namentlich war es S c h i n z, welcher entgegen den Behauptungen von Anhängern des Systems, die demselben eine Brennmaterialersparnis bis

zu 70 Prozent vindizierten und behaupteten, dass die durch dasselbe ermöglichte leichtere Herstellung eines geregelten Ganges einen geringeren Aufwand von Arbeitskräften bedinge, behauptete, dass man bei diesen Oefen mehr Geld für Brennmaterial ausgebe, als bei jedem andern gut konstruierten Ofen. Siegreich sind zwar die Siemensöfen aus diesem Kampfe hervorgegangen und haben sich ein weites Gebiet erobert, so dass schon 1877 von 600 in Deutschland existierenden Glasöfen, 336 mit Gasfeuerung versehen und von den letzteren 208 nach dem System Siemens eingerichtet waren*), indessen sind nicht alle Vorwürfe, welche dem Siemensofen gemacht worden sind, ohne weiteres zurückzuweisen. Die Abkühlung der Gase ist notwendig, weil sonst die Wechselklappen leiden; da sie aber die Kondensierung der Teerdämpfe zur Folge hat, so wird sie Veranlassung zu Verstopfungen der Regeneratoren und Gaskanäle, wenn sie nicht bis zur völligen Abscheidung des Teers durchgeführt wird. Diese letztere aber macht nicht nur die Arbeit an den Oefen zu einer schmutzigen; sie involviert auch einen Verlust an hochwertigem Brennstoffe und in Gemeinschaft mit der Abkühlung der Gase selbst einen Wärmeverlust, der die durch die Regeneration der Gase erzielten Vorteile illusorisch erscheinen lässt. Ausserdem aber bleibt die wechselnde Flammenrichtung nicht immer ohne nachteiligen Einfluss auf die Schmelzarbeit sowohl wie auf die Ausarbeitung selbst, indem die Temperatur des Ofens in der Nähe der Gaseinströmung leicht zu hoch steigt, während sie an der entgegengesetzten Seite des Ofens oft nicht hoch genug ist, das Glas also dort zu dünnflüssig, hier zu steif ist.

Die erfolgreiche Einführung des Siemensschen Systems in die Praxis bezeichnet daher den Beginn eines allgemeinen Strebens nach weiterer Vervollkommnung der Apparate und wir werden uns daher im folgenden zunächst mit der Frage zu beschäftigen haben, inwieweit dies letztere von Erfolg begleitet gewesen.

Die ersten Bemühungen waren darauf gerichtet, unter Benutzung der Thatsache, dass die schweren Kohlenwasserstoffe, welche hauptsächlich Veranlassung zur Teerbildung sind, bei starker Erhitzung unter Abscheidung von Kohle in leichte, flüchtigere Kohlenwasserstoffe sich spalten, die Teerbildung zu vermeiden, indem man durch geeignete Generatorkonstruktionen die Gase zwang, durch eine glühende Brennstoffschicht hindurch ihren Weg zu nehmen. Dies ist der Fall bei dem in **Fig. 117, Taf. XIII**, vorgeführten Generator von Gorman, welcher aus einem Schacht *A* besteht, der oben die Füllvorrichtung *B* trägt und unten in einem zentralen Hohlkegel und die Roste *CC* seinen Abschluss findet. Durch die Oeffnungen *FF* und *GG*, welche letzteren durch die Windleitung *H* gespeist werden, wird die Luft zugeführt, während die Gase durch die Oeffnungen *EEE* in einen Ringkanal *D* treten, aus welchem sie durch das Rohr *R* abgeführt werden. Die durch *B* aufgegebenen Brennmaterialien werden also, im Schachte allmählich niedergehend und immer heisser werdend, ihr Wasser und die flüchtigen Bestandteile verlieren und diese letzteren werden, von dem von oben nachdringenden Luftstrome durch die in der Höhe der Oeff-

*) Stegmann, Gasfeuerung, pag. 225.

nungen *EE* in voller Vergasungsglut befindliche, bereits entgaste Brennmaterialschicht geführt. Hierbei werden nicht allein die Teerdämpfe in der oben angedeuteten, sondern auch die Wasserdämpfe in früher ausführlich besprochener Weise zersetzt. Gestützt auf anderweite Erfahrungen hält Pütsch*) diese Konstruktion für eine ganz besonders beachtenswerte, namentlich, wenn es sich um die Verwendung von Torf u. s. w. handelt. Pütsch**) selbst sowie Benrat***) haben unter ähnlichen Verhältnissen, d. h. bei Torf- und Holzheizung dasselbe einfacher erreicht, indem sie an einem gewöhnlichen Generator die Abzugsöffnung der Gase in die Nähe des Rostes verlegten. Den Benratschen Generator zeigt **Fig. 118, Taf. XIII,** im Durchschnitt. *A* ist der Füllapparat, in welchen das Brennmaterial, nachdem der Deckel mittels einer um eine Rolle geschlungenen Kette gelüftet, eingefüllt wird. Hier bleibt dasselbe zunächst auf einem aus zwei um Scharniere drehbaren, von Gegengewichten gehaltenen Hälften bestehenden Boden liegen, von welchem es, nach Schliessung des Deckels durch Anheben der Gegegengewichte in den Schacht *B* stürzt. Der Schacht selbst ist, wie dies bei den Siemensgeneratoren für Holzvergasung der der Fall, von senkrechten Wänden gebildet. Der mit einer Oeffnung *E* versehene aufsteigende Gaskanal ist durch eine Scheidewand, welche bis auf etwa 0,5 m über die Verlängerung der Rostebene herabreicht, von dem Schachte getrennt, steht aber zur Erleichterung des Gasabzugs mit letzterem ausser durch die so frei gebliebene Kommunikation *D* noch durch eine zweite Oeffnung D_1 in jener Wand in Verbindung. Beim Betriebe sperrt die aus dem alle halbe Stunden etwa in 0,8 bis 1 m langen Scheiten aufgegebenen Holze gebildete glühende Kohle die untere Ausmündung des Gaskanals sowohl sowie die Verbindungsöffnungen *D* und D_1 des letzteren mit dem Schachte und die gebildeten Gase sind somit gezwungen auf dem einzigen ihnen offen stehenden Wege durch die Oeffnungen DD_1 die glühenden Kohlenschichten zu passieren um durch *F* und *G* nach dem Ofen zu gelangen. Die mit diesem Generator erzielten Resultate waren insofern sehr befriedigend, als die früher häufig vorgekommenen Verstopfungen durch sich absetzenden und aufblähenden Teer beseitigt wurden.

Könnte nun unter Anwendung eines der besprochenen Generatoren auch eine Abkühlung der Gase behufs der Teerabsonderung unterbleiben, so ist doch die Siemenssche Wechselklappe gegen hohe Temperaturen ein zu empfindlicher Apparat, da sie sich, solchen ausgesetzt, verzieht und undicht wird. Um daher die Gase mit der vollen Vergasungswärme dem Ofen zuführen zu können, konstruierte Pütsch statt der Wechselklappe ein Drehventil mit Wasserdichtung, welches nach seiner eigenen Angabe†) noch funktioniert, wenn selbst die Flammen durchschlagen und in zahlreichen Anlagen sich bewährt hat. Das Ventil besteht aus der Glocke *G*, **Fig. 119** und **120, Taf. XIII,** und aus dem Ventilkranz *K*, welchen **Fig. 121, Taf. XIII,** im Grundrisse zeigt. Die

---

*) Wochenschrift d. V. d. I. 1880. 348.
**) a. a. O.
***) Glasfabrikation, 138.
†) A. Pütsch, Regenerativ-Feuerung. Berlin.

von der kreisförmigen Rinne *l* begrenzte Fläche des letzteren wird von den rechtwinklig-diametral sich kreuzenden Rinnen *mm* in 4 Quadranten geteilt. Setzt man nun die Glocke auf den Ventilkranz, so dass deren Scheidewand *n* in eine der Rinnen *m*, ihr Mantel aber in die Rinne *l*, welche beide ihrerseits mit Wasser gefüllt sind, eintaucht, so wird unter der Glocke entweder eine direkte Verbindung zwischen den Quadranten I und IV resp. II und III oder aber zwischen I und II resp. III und IV hergestellt sein, je nachdem die Scheidewand in der einen (hier vertikal gezeichneten) oder in der andern (hier horizontalen) Rinne *m* steht. Denkt man sich nun 4 Kanäle in der in **Fig. 122, Taf. XHI,** skizzierten Weise zusammenstossen und über ihre Vereinigungsstelle das Drehventil so aufstellt, dass die Rinnen *mm* auf das die Kanäle trennende Mauerkreuz *k* zu stehen kommen, während die Rinne *l* mit den Kreissegmenten *ssss* korrespondiert, so wird je nach der Stellung der Glocke Kanal I mit IV resp. II mit III oder I mit II resp. III mit IV in Verbindung sein, d. h. es werden die Generatorgase bald in den einen, bald in den andern Regenerator eintreten, während gleichzeitig durch den zweiten Regenerator die Abhitze zum Schornstein geht. Das Ventil wird leicht zugänglich angeordnet und ist gleichzeitig Sorge getragen, dass das allmählich verdampfende Dichtungswasser aus einem mit Stellhahn versehenen Zuflussrohre ersetzt wird. Für die Regulierung des Luftzutritts ist endlich eine gewöhnliche Wechselklappe angeordnet.

Den Ofen selbst vergegenwärtigt **Fig. 123, Taf. XV.** Die Regeneratoren $A A_1$ für Gas, $B B_1$ für die Luft sind an den Stirnseiten des Ofens und so hoch angelegt, dass die Einströmungsöffnungen *cc* die Flammen etwa in der Mitte der Schmelzraumhöhe austreten und in drei Hauptströmen zwischen beiden Hafenreihen und zwischen jeder derselben und der entsprechenden Umfassungsmauer die ganze Länge des Ofens durchziehen lassen. Gleichzeitig sind die Seitenströme die stärksten mit Rücksicht auf die hier stattfindende Wärmetransmission nach aussen. Ausserdem liegen die Vereinigungspunkte von Gas und Luft so nahe am Schmelzraume, dass die vollständige Verbrennung erst in letzterem erfolgt; die Eckhäfen sind also vor zu starker Einwirkung einer scharfen Stichflamme geschützt und den mittleren Häfen fehlt es nicht an der erforderlichen Hitze. Nach dem Umschalten des Drehventils und des Luftwechsels durchstreichen die Flammen den Ofen selbstverständlich in derselben Weise in entgegengesetzter Richtung. Die unter den Einströmungen befindliche Feuerbrücke wird durch Luftkanäle *ee* gekühlt, welche gleichzeitig ein Eintreten von Herdglas in die Regeneratoren verhindern; das Herdglas wird in der Rinne *a* gesammelt, aus welcher es von Zeit zu Zeit nach aussen hin abgelassen wird. Endlich ist *i* ein in der Längswand des Ofens angebrachtes Hafenthor, *f* der in die Esse führende Kanal. Die Leistungsfähigkeit dieser Oefen soll eine vorzügliche sein und selbst Tafelglas in Häfen von ca. 1000 kg Inhalt in 18 bis 20 Stunden abgeschmolzen sein*).

Neuerdings hat auch Siemens das Pütsch sche Drehventil acceptiert, indem er gleichzeitig einen mit gepresster, heisser Luft betriebe-

*) Stegmann, a. a. O. pag. 237.

nen Generator in Anwendung bringt, in welchem gleichfalls die Zersetzung der teerbildenden Kohlenwasserstoffe infolge tiefliegend angeordneter Gasabzüge vor sich geht. Die heisse Luft wird — allerdings bedingt dies eine nicht gerade wünschenswerte Kompliziertheit des Apparats — mitten in das im Generator aufgeschichtete Brennmaterial hineingeblasen und infolge der hierdurch bedingten heftigen Verbrennung geht der Vergasungsprozess so energisch vor sich, dass nach Henrivaux Angabe ein solcher Generator an Leistungsfähigkeit zwei oder drei gewöhnlichen Generatoren gleichkommt.

Um die abwechselnde Richtung einseitiger Flammen zu vermeiden und durch gleichmässig verteilte, gleichgerichtete, eine bessere Beheizung des Schmelzraums zu ermöglichen, verzichtete Nehse auf die Regeneratoren, indem er die Verbrennungsluft ein von den Rauchgasen durchflossenes Kanalsystem umspülen und an dessen hochtemperierten Wänden sich erhitzen liess, während er gleichzeitig eine höhere Temperatur der Gase dadurch zu erreichen suchte, dass er den heissen Gasstrom in den von Kanälen durchzogenen oberen Wänden des Generators zirkulieren liess. Die von Nehse anfänglich beliebte Durchführung dieser Idee war jedoch wenig geeignet, dem Zwecke zu entsprechen, da die Lufterhitzungskanäle zu weit vom Verbrennungsraume ab lagen, zu starke Wandungen und zu geringe Oberfläche besassen und weil er ferner in den hohlen Wänden des Generators die aus dem letzteren ausgetretenen Gase selbst zirkulieren liess, infolgedessen er auf der einen Seite einbüsste, was er auf der andern gewonnen. Bei seinen neueren Konstruktionen hat daher Nehse das Lührmannsche System der Entgasung durch die Abhitze des Ofens benutzt und gleichzeitig die alten Lufterhitzungskanäle durch dünnwandige, günstiger placierte Röhren ersetzte. Einen solchen Ofen zeigt **Fig. 124, Taf. XV,** im Längsschnitt nach der Linie *AB* der **Fig. 125** und **126, Taf. XV; Fig. 125** ist ein Querschnitt durch denselben nach der Linie *CD* der **Fig. 124** und **Fig. 126** und **Fig. 126** endlich ist ein Horizontalschnitt nach der Linie *HI* der **Fig. 124.** In **Fig. 124** sind *AA* die Generatoren, welche ihre Gase durch die Kanäle *cc* und die Schlitze *dd* in den Mischkanal *e* senden. Durch die Züge *ff* tritt die Verbrennungsluft in den Lufterhitzungsapparat, in welchem die von den Verbrennungsprodukten durchzogenen Röhren *gg* gelagert sind, erhitzt sich, um die letzteren zirkulierend an deren Wandungen und gelangt durch die Züge *hh* und die Schlitze *ii* gleichfalls in den Kanal *e*, hier mit dem Gase die Flamme bildend und als solche durch die Schlitze *kk* nach oben in den Schmelzraum *B* übertretend. Die Abzugskanäle *ll* sind in der Umfassungswand am Fusse der Häfen so angeordnet, dass diese letzteren von der von der Kappe zurückprallenden Flamme sehr gleichmässig umspült werden und es gelangen durch jene die Verbrennungsprodukte zunächst in die Sammelkanäle *mm*, um sich hier jederseits in zwei Ströme zu spalten, von denen der eine den Röhren *gg* des Lufterhitzungsapparats zufliesst, während der andere in den Kanälen *nn* der Generatorwände zirkuliert um dann mit jenem wieder vereinigt dem Essenkanal *o* sich zuzuwenden.

Das hier von Nehse benutzte Prinzip der Entgasung durch die Abhitze des Ofens wurde zuerst von Lührmann und Gröbe in dem

nach den Erfindern Gröbe-Lührmann-Generator genannten Apparate angewendet. Dieser Generator, ebensowohl für Steinkohle, wie für jedes andere Brennmaterial geeignet, ist in **Fig. 127, Taf. XV**, abgebildet.

Durch den mechanischen, von einer Transmission aus angetriebenen, Beschickapparat *b* wird das in den Rumpf *R* aufgegebene Brennmaterial mittels einer Schnecke in den durch die Züge *D* von aussen beheizten Entgasungsraum *A* gepresst. In dem letzteren werden Wasser, Gase, Teer ausgetrieben und es bleibt Koks oder Kohle zurück. Durch den starken Druck, welchen das Brennmaterial im Augenblicke der Entgasung erfährt, gelingt es, selbst magere Steinkohlen und eventuell auch Braunkohlen- und Torfklein, Sägespäne etc. mit passender Fettkohle, Teer oder anderen bindenden Substanzen gemengt, in kompakte Stücke zu verwandeln, welche für den Vergasungsprozess hinreichende Festigkeit besitzen.

Die fertigen Koksstücke rücken aus *A* unmittelbar in den Vergasungsraum *B*. *A* und *B* bilden also einen zusammenhängenden Raum und wenn die Beschickung im richtigen Verhältnisse zur Entgasung steht, wird der Koks, einen Strang bildend, bis an die Beobachtungsöffnung *k* geschoben, wie die **Fig. 127, Taf. XV,** zeigt.

In den Vergasungsraum tritt durch den Rost die Luft ein, vermöge deren der Vergasungsprozess sich vollzieht.

Die so in *B* gebildeten Gase vereinigen sich in dem Raume oberhalb der Kokslage und gelangen in glühendem Zustande direkt in den Ofen.

Sie zirkulieren also nicht, wie in den früher betrachteten Generatoren mit geschlossenen Entgasungsräumen, um diese Entgasungsräume, wobei sie einen Teil ihrer Hitze abgeben müssten. Durch die Züge *D* zieht vielmehr lediglich die Abhitze des Ofens.

Durch diese eigentümliche Wärmeführung wird ein sehr heisser Gang des Generators und eine 1200° übersteigende Temperatur der Gase erzielt. Deshalb muss bei direkter Verfeuerung der mit diesem Apparat erzeugten Gase eine Ofentemperatur entstehen, die um 300° höher liegt, als bei allen andern direkten Generatorfeuerungen, so dass schon eine geringe Vorwärmung der Verbrennungsluft genügt, um die höchsten Temperaturen zu erreichen, welche gutes feuerfestes Material ertragen kann.

Ein weiterer Vorteil ist noch die Teer- und Wasserzersetzung in dem vor dem Vergasungsraume aufgestauten glühenden Koks, welche die Entgasungsprodukte durchstreichen müssen.

Sollen für eine grössere Anlage mehrere solcher Generatoren kombiniert werden, so geschieht dies in der in **Fig. 128, Taf. XIV**, angedeuteten Weise.

Neuerdings hat Lührmann*) die Kombination mehrerer seiner Generatoren dahin abgeändert, dass er zwei Reihen von Entgasungsräumen an die Längsseiten eines mittleren Vergasungsraums legt. Bei dieser in **Fig. 129, Taf. XIV,** wiedergegebenen Anordnung des Doppel-

---

*) Zeitschrift des Vereins deutsch. Ing. 1883. 665.

generators werden die Baukosten nicht unwesentlich verringert durch Verminderung des Mauerwerks. Ein weiterer nicht unwesentlicher Vorteil ist der, dass Unregelmässigkeiten in der Beschickung nicht so schädlich wirken, wie bei dem einseitigen Generator. Wenn in dem letzteren nicht rechtzeitig aufgegeben wird, sinkt der Koksstand hauptsächlich an der Vorderwand tief herab, also gerade an der Stelle, an welcher die Luft am leichtesten eintreten und aufsteigen kann, und es wird infolgedessen nicht immer die Reduktion der grössten Menge Kohlensäure zu Kohlenoxydgas sicher erreicht.

Bei der Anordnung der Entgasungsräume E und E_1 zum Vergasungsraume V bei dem Doppelgenerator kann jedoch die Koksböschung bis zur Linie xy sinken, ohne dass die Kokshöhe über den Balken b unterhalb deren der nächste Lufteintritt sich befindet, eine zu geringe wird. Der tiefste Punkt y der Linie xy liegt hier naturgemäss immer noch wesentlich höher, als er bei dem einseitigen Generator liegen würde und ausserdem nicht an der Vorderwand, wo ohnedies infolge Aufhängens des Koks immer leichter Luftdurchgangsräume sich bilden, sondern in der Mitte, wo der Koks dichter liegt. Aus diesem Grunde ist die Sicherheit der Erzeugung von Kohlenoxydgas, d. h. von gutem brennbaren Gase bei dem Doppelgenerator weit grösser, als bei dem einfachen Generator.

Wenn die Ungunst des Untergrundes oder andere Verhältnisse es nicht thunlich erscheinen lassen, den Generator so tief zu legen, dass der Niveauunterschied genügt den Gasen den nötigen Auftrieb zu verleihen, oder wenn man aus irgend einem Grunde den Generator in grösserer Entfernung vom Ofen errichten will, schlägt Lührmann vor, den Generator ohne Rost zu konstruieren und mit einem Gebläse zu betreiben, welches die Gase nach dem Verbrennungorte hin drückt. Ist hierbei wegen zu grosser Entfernung des Generators vom Ofen ohnehin eine starke Abkühlung der Gase zu erwarten, so kann die Eigenwärme des Generators zur Wasserzersetzung verwertet werden, indem man gleichzeitig mit der Luft Wasserdampf in den Generator einführt. **Fig. 130, Taf. XIV,** zeigt die Anordnung eines solchen Generators; EE sind die Entgasungsräume, V der Vergasungsraum, WW die Windleitung, g die Gasabführung.

Sowohl im vorliegenden, als in ähnlichen Fällen, in welchen man von der Wasserzersetzung Gebrauch machen will, kann man die Beschaffung eines Ventilators und zugehörigen Motors durch Anwendung eines sogenannten Körtingschen Unterwindgebläses umgehen. Ein solches, abgebildet in **Fig. 131, Taf. XIV**, entbehrt aller beweglichen Mechanismen und wirkt lediglich dadurch, dass ein in dasselbe mit grosser Geschwindigkeit eingeführter, ein vielfaches Düsensystem passierender Dampfstrahl von allen Seiten Luft ansaugt und, diese verdichtend an eigener Geschwindigkeit einbüsst.

Indem der durch das Rohr d zugeführte Dampf, nachdem mittels des Handrades a und einer Schraubenübersetzung die Spindel c zurückgezogen wurde, mit grosser Geschwindigkeit aus einer senkrecht abwärts gerichteten Düse austritt, reisst er durch den ringförmigen Zwischenraum e eine gewisse Menge Luft nach der nächsten Düse f_1 hinüber. Infolge der hierbei stattfindenden Expansion tritt der Dampf nebst der

mitgeführten Luft in die nächste Düse f_2 über, aus dem Zwischenraum zwischen dieser und der ersten eine neue Luftmenge ansaugend. So nimmt allmählich unter stetiger Vermehrung der mitgerissenen Luftmenge die Geschwindigkeit des Gemenges von Dampf und Luft ab, bis jene gerade noch dem am Verbrauchsorte zu überwindenden Drucke entspricht. Der Dampf-Luftstrom wird direkt in den geschlossenen Aschenfall des Generators oder in ein Düsensystem, aus welchem er in jenen gelangt, eingeführt und kann bezüglich seiner Menge und seiner Pressung durch Heben oder Senken der Spindel c reguliert werden.

Seine Generatoren hat Lührmann mit Glasschmelzöfen in der verschiedensten Weise kombiniert, je nachdem die letzteren für kleineren oder grösseren Betrieb, für einseitige, wechselnde oder zweiseitig konstante Flammenrichtung u. s. w. eingerichtet werden sollen. Einen Ofen für zwölf Häfen mit zweiseitiger Flammenführung bei stets gleicher Richtung der letzteren zeigen die **Fig. 132** bis **135, Taf. XV.** An jeder Stirnseite des Ofens sind Generatoren angebaut, deren Entgasungsräume in A sichtbar sind, während B einen Vergasungsraum darstellt. Durch den Schieber h_1 können die Gase, welche durch die Kanäle g und die Schlitze g_1 in den Ofen gelangen, von letzterem abgesperrt werden; die Verbrennungsluft tritt seitlich durch Züge $o\,o$ ein, um in den Röhren des Lufterhitzungsapparats $o_1\,o_1$ in die Sammelkanäle $o_2\,o_2$ aufzusteigen und aus diesen durch die Züge $o_3\,o_3$ in die Schlitze $o_4\,o_4$ zu treten, welche mit den Schlitzen $g_1\,g_1$ alternierend angeordnet sind, so die Flammenbildung ermöglichend. Ueber die mittels des Kanals u luftgekühlten Feuerbrücken $s\,s$ streicht die Flamme in der Höhe der oberen Hafenränder von beiden Seiten her bis zur Mitte des Ofens, um hier in die Abhitzekanäle $n\,n$ und $n_1\,n_1$ zu gelangen, aus welchen letzteren sie in die Schlitze $n_2\,n_2$ des Lufterhitzungsapparats eintritt, von den Sammelkanälen $n_3\,n_3$ aufgenommen und durch n_4 in die den Entgasungsraum der Generatoren umgebenden Kanäle $n_5\,n_5$ geführt wird. $m\,m$ sind die Hafenthore, p die Häfen, t die Fuchsbrücke, $r\,r$ Luftkühlung für die Ofensohle; $w\,w$ sind Kanäle für das Herdglas, k endlich ist ein Reservekanal für die Abhitze, durch welche man diese direkt in die Esse gehen lässt, wenn der letzteren Zug nicht ausreicht, die gesamte Abhitze durch die Kanäle n_5 um die Entgasungsräume zu führen und h ist ein Schieber, welcher während der Arbeitszeit, wenn das Gas nicht alles gebraucht wird, einen Teil desselben zur Erhitzung des Entgasungsraums verwenden lässt.

K. Emmel*) hat einen Glasschmelzofen mit Gasfeuerung und Lufterhitzung nach Art der Oefen mit überschlagender Flamme eingeführt, welcher in **Fig. 136** und **137, Taf. XVI,** in einer paarigen Kombination dargestellt ist. Jeder Ofen hat 8 Häfen und die beiden Generatoren $G\,G$ liegen zwischen den Oefen. Aus den Generatoren gelangen die Gase durch Kanäle a in eine hohle Säule, welche im Mittelpunkte des Ofens sich erhebt. In derselben steigen sie aufwärts und treten dicht unter dem Gewölbe in den Ofen um bei ihrem Austritt mit der durch die 4 Kanäle n von aussen hergeleiteten, die Säule ausserhalb in Zügen umfliessenden, hierbei sich erhitzenden und aus

*) Dingler 239. 130.

dem obersten, mit Schlitzen versehenen, dieser Züge gleichfalls in den Ofen strömenden Verbrennungsluft sich zu mischen und die Flammen zu bilden. Quermauern *f* teilen den innern Raum des Ofens in einzelne Zellen, in deren jeder ein Hafen *H* steht. Hinter jedem Hafen ist die Umfassungswand durch ein Hafenthor durchbrochen, welches beim Betriebe nach aussen durch Lehmmauerwerk, nach innen durch eine feuerfeste Platte geschlossen ist. Der Zwischenraum zwischen dieser Platte und der äusseren Mauer geht nach unten in den zur Esse führenden Kanal *L* über, während die Platte selbst eine Oeffnung hat, durch welche die Flamme in den Zwischenraum und weiter nach *h* und in die Esse gelangt. Auf diese Weise werden die Häfen sehr vollkommen von der Flamme umspült, und durch die von aussen zugänglichen Schieber *xx* lässt sich der Zug leicht regulieren. Durch die Schieber *yy* können die Oefen, welche noch durch einen Kanal *d* miteinander verbunden sind, von der Esse abgesperrt werden. Auch die Generatoren kommunizieren durch den Kanal *e* miteinander, damit man von dem einen zum andern Gas übertreten lassen könne. Die Oeffnungen *gg* dienen zum Anheizen des Ofens und werden nach Beendigung desselben geschlossen.

Die Ofensohle ist von der Mittelsäule an bis zu den Häfen horizontal, von da nach den Oeffnungen *gg* zu geneigt, um das Herdglas abzuführen und durch einen im Gewölbe angebrachten Schieber *z* kann jede einzelne Hafenzelle zeitweilig vom Ofenraume abgesperrt werden. Von jeder der radialen Mauern ist nach der gegenüberliegenden ein Gurtbogen geschlagen und alle diese Bögen kreuzen sich im Mittelpunkte des Ofens oberhalb der Mittelsäule. In die so entstehenden Felder zwischen den einzelnen Bögen sind Stichkappen eingewölbt, deren jede von dem verschliessbaren Arbeitsloche durchbrochen ist. Im tiefsten Punkte *k* der Gaskanäle sammelt sich Flugasche u. dergl. und kann hier von Zeit zu Zeit entfernt werden.

Vor den Generatoren liegen die Schürräume S_1, zu welchen man über die Bühne *B* gelangt, von welcher aus auch die Schlacken etc. mittels Haspels aus dem Schacht *S* geschafft werden. Der Füllapparat der Generatoren besteht aus dem schmiedeeisernen Füllkasten *o* **Fig. 138, Taf. XVI**, in welchem eine hohle, gusseiserne, mit Spitzen besetzte Walze gelagert ist, durch welche zwei Flügel gehen, die an ihr befestigt sind und in horizontaler Lage den Schacht oben abschliessen. An dem einen Ende der Welle befindet sich ein grosses Zahnrad, welches mittels Kurbel und Sperrrad hin und her bewegt werden kann, so dass unter gewöhnlichen Umständen die Flügel jederseits sich unter 45° gegen den Horizont neigen und somit die Kohlen gleichmässig in den Generator einstreuen. Die Bläser stehen auf ringförmigen, oben die Oefen umgebenden Bühnen *R*, welche durch eine Laufbühne *T* miteinander verbunden sind.

Wenn ein Hafen bricht, wird die betreffende Zelle von dem übrigen Ofenraum durch Herablassen des Schiebers *z* abgesperrt; durch *c* und *L* kühlt sie sich ab, während man durch die geöffneten Löcher *g* das Herdglas entfernt. Nach dem Aufbrechen des Hafenthores wird ein neuer Hafen eingesetzt, das erstere wieder geschlossen und der Schieber *z* gezogen.

Da jeder Hafen in einer besonderen Zelle steht, welche ihren Zug *c* hat, so wird in derjenigen die stärkste Hitze herrschen, deren Schieber *x* am weitesten gezogen ist. Daher kann man in ein und demselben Ofen je nach Handhabung der Schieber über ganz verschiedene Temperaturen zu gleicher Zeit verfügen.

Sei es gestattet schliesslich noch eines Ofens zu gedenken, der, ist er auch von den meisten der vorstehend beschriebenen Gasöfen überflügelt worden, den guten Ruf, den er sich in früheren Jahren erworben noch nicht ganz verloren hat. Wir meinen den Ofen von Boëtius, der in **Fig. 139, Taf. XVI,** im Längs- und in **Fig. 140, Taf. XVI,** im Querschnitt abgebildet ist. Unter dem Herde des Ofens liegen in der Regel zwei Generatoren, welche entweder in ganzer Höhe oder nur teilweise voneinander getrennt sind. Diese Generatoren werden von geneigten Ebenen *EE*, schrägliegenden Rosten *RR* und nach oben sich verengenden Seitenwänden *NN* gebildet. Die bei *FF* eingefüllten Kohlen entgasen, indem sie über die schiefen Ebenen niedergehen und den so gebildeten Koks vergasen, in starker Schicht auf den Rosten lagernd. Die Gase treten direkt aufwärts durch den Kanal *KK* in den Schmelzraum, wohin sie also mit sehr hoher Temperatur gelangen. Die durch die Seitenkanäle *CC* zugeleitete atmosphärische Luft erwärmt sich zunächst in dem den Sattel zwischen beiden Generatoren durchziehenden Kanale *t*, dann an den Seitenwänden der Generatoren und in den horizontalen Kanälen *HH* unter der Ofensohle, und tritt endlich aus einer Anzahl seitlicher Oeffnungen in den Gasstrom ein. Die Flamme umspült die Häfen *G*, während die Rauchgase durch kleine Kamine *mm* entweichen, in welche sie durch die Züge *oo* am untern Rande der Umfassungsmauer eintreten.

Der Ofen ist einfach im Bau und in der Behandlung, wenig kostspielig in der Herstellung und gewährt eine Brennmaterialersparnis von etwa 30 Prozent gegen gewöhnliche Rostfeuerungen. Dieser Vorzüge wegen ist der Ofen häufig in Anwendung gekommen, so dass schon 1877 in Deutschland allein 67 vorhanden waren*), wenn auch seine Anwendbarkeit gegenüber vollkommeneren Gasöfen eine nur beschränkte sein kann. Denn bei der unmittelbaren Ueberführung der Gase aus den Generatoren in den Schmelzraum gelangen mit jenen Rauch und Flugasche in den letzteren, so dass z. B. besseres Weissglas in offenen Häfen im Boëtius-Ofen sich nicht verschmelzen lässt. Für geringere Glassorten aber wird der Ofen wohl immerhin zu empfehlen sein insbesondere wenn die geringeren Baukosten mit ins Gewicht fallen.

Wannenöfen.

Wir sind im vorigen den vielfachen Versuchen der Neuzeit in der Verbesserung der Ofenkonstruktionen gefolgt und haben infolgedessen Oefen kennen gelernt, welche in bezug auf bessere Ausnutzung des Brennmaterials, hohe, die Verschmelzung härterer Sätze zulassende Temperaturen, reinere Flamme u. dergl. ungemeine Fortschritte der Technik

---

*) Stegmann, Gasfeuerung, 224.

dokumentieren. Trotzdem haben dieselben aber mit den älteren Oefen noch so manches gemein, was von einem fortgeschritteneren Standpunkte als wesentlicher Mangel bezeichnet werden muss. Die Schmelze geschieht bei ihnen nach wie vor in Häfen, wodurch ein verhältnismässig grosser, für die Brennmaterialersparnis wenig vorteilhafter Schmelzraum bedingt ist; die Häfen selbst sind kostspielig in Herstellung und Unterhaltung; ihr nicht zu vermeidender Bruch bedingt empfindliche Verluste an Glas, und die verschiedenen Temperaturen der Schmelze und Arbeitszeit verursachen Verluste an Zeit und Brennmaterial, wie sie anderseits der Dauerhaftigkeit der Häfen und Oefen wenig Vorschub leisten. Schon frühzeitig hat es daher nicht an Versuchen gefehlt, auch diese Uebelstände ganz oder teilweise zu besiegen, und substituierte schon Donzel und nach ihm Chance dem altherkömmlichen Glasofen einen Flammofen, auf dessen Herde sie das Gemenge einschmolzen, ohne indes einen nennenswerten Erfolg zu erzielen. Später folgte Siemens ihrem Beispiel, indem er gleichfalls in einem ähnlichen Ofen das Gemenge einschmolz, das geschmolzene Rohglas abstach und in Häfen umschmolz. Während man in dieser Weise bemüht war, an die Stelle einzelner, verhältnismässig kleiner, gebrechlicher Häfen die muldenartig vertiefte Ofensohle als Schmelzgefäss treten zu lassen, gingen gleichzeitig die Versuche, den Schmelzprozess im Hafen zu einem kontinuierlichen zu gestalten, nebenher, wie dies eingehender bereits an einem früheren Orte (S. 173) besprochen wurde. Nachdem nun aber einerseits die Möglichkeit nachgewiesen war, dass das Gemenge in der muldenartig vertieften Flammofensohle lediglich durch Einwirkung der Hitze von oben her sich verschmelzen lasse, während anderseits Siemens durch den dreiteiligen Hafen gezeigt hatte, wie Schmelze, Läuterung und Ausarbeitung kontemporär in ein und demselben Schmelzapparate vor sich gehen könne, da kombinierte Siemens in geistreicher Weise beide Systeme, indem er nach dem Vorbilde eines dreiteiligen, verflachten, in die Weite gezogenen Hafens die Flammofenmulde durch Scheidewände in drei Abteilungen, in den Schmelz-, Läuterungs- und Arbeitsraum teilte.

Ein solcher, nach der wannenartigen Gestalt des Schmelzgefässes, Wannenofen genannter Ofen für kontinuierlichen Betrieb ist in **Fig. 141** bis **145, Taf. XVII**, abgebildet. Von den letzteren ist **Fig. 141** ein Längsschnitt durch die Mittellinie des Ofens, **Fig. 142** ein Horizontalschnitt in der Höhe der Wanne, **Fig. 143** ein Querschnitt durch den Schmelzraum *A*, **Fig. 144** ein solcher durch den Läuterungsraum *B* und **Fig. 145** endlich eine Ansicht von der für 6 Bläser eingerichteten Arbeitsbühne *L L* aus. Das Innere der Wanne teilen zwei Zwischenwände *w* und *v* in drei Räume *A B C*, welche durch Kanäle *a* und *b* im Fusse jener Wände miteinander kommunizieren. Der Raum *A* dient zum Schmelzen des durch die Eintrageöffnung *E* eingelegten Gemenges; das letztere sucht man möglichst gleichmässig auf der Sohle zu verteilen und trägt immer neue Partien desselben nach, in dem Masse, in welchem die vorher eingetragenen niederschmelzen. So füllt sich allmählich der Raum mit geschmolzenem Glase, bis dieses eine Höhe von 40 bis 45 cm erreicht hat. Dabei dringt das Glas durch die in der Wand *w* ausgesparten Kanäle *a a* und steigt jenseits dieser Wand durch senkrechte

Kanäle *m*, welche mit jenen in Verbindung stehen, in demselben Masse auf, in welchem die Masse des geschmolzenen Glases in *A* zunimmt. Endlich erreicht es die Höhe der Brücke *d* und ergiesst sich nun in dünner Schicht über dieselbe in den Läuterraum *B*. Während dieses Ueberganges ist das Glas in dünner Schicht der vollen Einwirkung der Hitze ausgesetzt; ungeschmolzene in demselben noch enthaltene Partikeln, schmelzen völlig, das Glas selbst wird sehr dünnflüssig und es können nun, nachdem dasselbe in den Läuterungsraum gelangt, eingeschlossene Bläschen, aufsteigend, sich abscheiden. In demselben Masse, in welchem somit das Glas von Luftbläschen befreit wird, wird es auch spezifisch schwerer, es sinkt im Läuterungsraume zu Boden und tritt nun durch die Kanäle *bb* im Grunde der Wand *v* in den Arbeitsraum *C* über. Die Anordnung der Generatoren ist derartig, dass die zusammengehörigen z. B. *R* und R_1 in **Fig. 141**, von welchen der erstere für das Gas, der andere für die Luft bestimmt ist, in der Längsachse des Ofens nebeneinander liegen. Aus den Regeneratoren gelangen nun Gas und Luft in die längs der Langseiten des Ofens sich hinziehenden Kanäle *G* und *L* resp. G_1 und L_1, aus welch letzteren sie durch Züge *g* und *h* resp. g_1 und h_1 in den oberen Ofenraum eintreten. Nur über dem Schmelz- und dem Läuterraume münden diese Kanäle, es findet daher auch nur hier Flammenbildung statt und nur hier ist das Temperaturmaximum vorhanden. Ueber dem Arbeitsraume *C* liegen keine Gaseinströmungen mehr, hier sinkt also die Temperatur so weit, dass das dünnflüssig aus dem Läuterraume hierher gelangende Glas bis zur Verarbeitungsfähigkeit sich abkühlt. *cc* sind die Arbeitslöcher, *ii* Löcher zum Anwärmen der Pfeifen. Ist der Ofen einmal mit geschmolzenem Glase gefüllt, so braucht in kurzen Zwischenpausen immer nur soviel Satz bei *E* eingetragen zu werden, als der bei *c* ausgearbeiteten Glasmenge entspricht; es bleibt somit der Ofen in kontinuierlichem Betriebe.

Anfänglich war es kaum möglich, die Wanne vor den zerstörenden Einflüssen des flüssigen Glases zu schützen; aber auch diese Schwierigkeit besiegte Siemens, indem er unter dem Boden derselben, wie auch in der Zwischenwand *w* ein Kanalsystem $e\,e_1\,e_2$ anordnete, in welches beständig kalte Luft einströmt, die dann, sich erwärmend, schliesslich durch die Zugessen *S* und S_1 abgeführt wird.

Der grösste Uebelstand, den diese Wannen darboten, war die Vergänglichkeit der Zwischenwände. Zirkulierte die Luft zu stark in den Kanälen, so erstarrte das Glas in den engen Passagen, war die Ventilation zu gering, so griff es die Masse der Wände alsobald stark an und ergoss sich in die Luftführungen. Diesem Uebelstande begegnete Duchet dadurch, dass er nach **Fig. 146** und **147, Taf. XVI**, die Wand *xxyy* nur mit einer einzigen grösseren, von oben bis unten sie durchsetzenden Passage versah, welche durch einen Schwimmer *C* von oben her teilweise verschlossen wird. Die Wände selbst sind auch hier von Kanälen durchzogen, in welche die kalte Luft durch *aa* eintritt, während sie durch *BB* in die Ventilationsessen entweicht. Weil hier kein Verstopfen der vielen kleinen Löcher, durch welche bei der früher besprochenen Konstruktion das Glas seinen Weg nehmen muss, möglich ist, so kann die Luftzirkulation eine sehr starke und daher der Schutz der

Wand ein wirksamer sein. Es ist daher einzig und allein der Schwimmer C, welcher, von kreuzförmigem Querschnitt, durch den Druck des fortwährend von FF nach TT übergehenden Glases, mit seinen Seitenflügeln stets fest gegen die Wand angedrückt wird, dem zerstörenden Einflusse des unter ihm durchpassierenden Glases ausgesetzt, und es kann derselbe jederzeit, wenn nötig, durch einen neuen ersetzt werden.

Siemens selbst hat die Konstruktion seiner Wannenöfen vielfach modifiziert und unter anderen auch aus den eben angeführten Gründen die Zwischenwände ganz weggelassen. Einen solchen Ofen zeigt **Fig. 148, Taf. XVI**, im Längsschnitt, während **Fig. 149, Taf. XVI**, einen Querschnitt nach ET und **Fig. 150, Taf. XVI**, einen Horizontalschnitt nach GH darstellt. Das Gemenge wird auch hier bei c eingelegt, schmilzt und gelangt infolge der durch die Ausarbeitung des fertigen Glases entstehenden, gegen die Arbeitsöffnungen gerichteten Strömung an die Ringe, welche in grosser Anzahl in der andern Hälfte der Wanne auf dem Glase schwimmen. Aus dieser fortschreitenden Bewegung des Glases im Verein mit der, durch die Verschiedenheit der spezifischen Gewichte der weniger oder mehr raffinierten Glasmassen bedingten, auf- und niedergehenden resultiert ein eigentümlich schlangenartiger Weg, den die einzelnen Glasteilchen vom ersten Ringe durch die übrigen hindurch bis zum Arbeitsringe durchlaufen, indem in jedem der Ringe eine weniger raffinierte Glasmasse unten von rückwärts her eintritt, während eine an ihrer Oberfläche mehr geläuterte, jener Platz machend in ihm untersinkt, um in den vorliegenden wieder einzutreten. Dieses Spiel wiederholt sich in allen Ringen, so dass schliesslich in die Arbeitsringe eine genügend geläuterte Glasmasse gelangt.

Zu obigen Zeichnungen sei noch bemerkt, dass in denselben die Regeneratoren R_1 R_2 R_3 R_4 wieder paarweise nebeneinander quer unter den Ofen gelegt sind, und dass ihr vorderer Raum B, der von ihnen noch durch eine Schiedmauer getrennt ist, kein Steingitter enthält, sondern lediglich zur Aufnahme losgerissener Gemengteile dient, um diese von den Regeneratoren fern zu halten.

In ähnlicher Weise, wie hier die Ringe, wendet Siemens auch die schon an einem früheren Orte besprochenen Schiffchen an, indem je eins derselben vor jedem Arbeitsloche schwimmend, die Läuterung des Glases bewirkt.

Um aber in den Wannenöfen auch verschiedene Glassorten schmelzen zu können, hat Siemens die Schmelzwanne zwar wieder durch Scheidewände geteilt aber in einer von der früheren gänzlich abweichenden, die Dauerhaftigkeit der Wände unterstützenden Weise. Siemens will nämlich bemerkt haben, dass die zerstörende Wirkung des geschmolzenen Glases nur dann in hervorragender Weise sich bemerkbar macht, wenn bei wechselndem Niveau des Glases der obere Teil der Wände bald von Glas bedeckt ist, bald wieder der heftigen Flamme ausgesetzt ist. Seinen Wannenöfen für kontinuierlichen Betrieb und mehrere, hier vier, Glassorten, gibt daher Siemens die in **Fig. 151, 152, 153, Taf. XVIII**, skizzierte Einrichtung.

Die hier kreisförmige Wanne ist durch 4 rechtwinklig aufeinanderstehende Scheidewände in vier Abteilungen geteilt. Diese Scheidewände oder Brücken zz sind durch Luftkanäle gekühlt, welche ihrerseits in

der Mitte des Ofens zu der Ventilationsesse *V* sich vereinigen, so zwar, dass sie am Fusse derselben durch ein bis zum Niveau des Glasbades emporreichendes eisernes Kreuz getrennt bleiben, damit nicht allgemeine Störungen eintreten, wenn beim Schadhaftwerden eines der Kanäle Glas in denselben eintritt. Ebenso sind Boden und Seitenwände der Wanne mit Luftkühlungen *ee* versehen, welche in die Essen *ff* münden. Der Grund der Brücken ist durch breite Oeffnungen *oo* vielfach durchbrochen, durch welche hindurch das Glas von einer Abteilung zur andern übertreten kann, wenn aus irgend einem Grunde der Stand des Glases in einer von beiden sich ändert, so dass etwaige Niveauunterschiede sich sofort ausgleichen. Ein derartiges Hinübertreten des Glases aus einer Abteilung in die andere bewirkt aber deshalb noch nicht ein Vermischen beider verschiedenen Glassorten, da infolge der Abkühlung des Bodens an letzterem das Glas sehr zähflüssig ist; auch kann sofort durch Nachlegen von Gemenge in die zurückgebliebene Abteilung das Glas zum Rücktritt gebracht werden. Ausserdem ist die Wanne, da ja auch hier der Schiffchenbetrieb unumgänglich ist, ziemlich tief, so dass von dem übergetretenen Glase nichts in die Schiffchen selbst kommt. Im Unterbau des Ofens liegen die Regeneratoren *RR*, welche bei nötigen Reparaturen durch das Gewölbe *T* zugänglich sind. Gas und Luft gelangen von hier durch Züge *s* in die Seitenkanäle *SS* und von hier durch Schlitze *g* und *l* in den Ofen. Zwischen den Gas- und Luftzuleitungskanälen liegen die Räume *GG*, welche mit der Gemengekammer in unmittelbarer Verbindung stehen; das Einlegen des Gemenges geschieht hier durch die Einlegeöffnungen bei *EE*. In jedem Quadranten des Ofens befinden sich sieben Arbeitslöcher *a*, deren also im ganzen 28 vorhanden sind; vor jedem derselben werden stündlich 50 Flaschen geblasen oder pro Tag bei 20 vollen Arbeitsstunden 1000 Stück entsprechend einer Tagesproduktion von 28000 Stück oder mit Rücksicht auf den Bruch von 25000 Stück.

Die bei diesen Oefen verwendeten Schiffchen haben eine von der früher beschriebenen etwas verschiedene Einrichtung. Um möglichst fertiges Glas zu schöpfen sind die Eintrittsöffnungen *c*, wie **Fig. 154** und **155, Taf. XVIII**, zeigen, tiefer gelegt, und es muss das Glas in den Kanälen *C* aufsteigend über die Wand *z* weggehen, um in den Läuterraum *B* des Schiffchens zu gelangen. Hierbei wird es der raffinierenden Wirkung des Feuers um so mehr ausgesetzt, je breiter der obere Rand dieser Zwischenwand gehalten ist (**Fig. 154**). Das geläuterte Glas geht dann unter der zweiten Wand *x* hindurch, durch die Oeffnung *b* in den Arbeitsraum *A*, welcher weniger hoch ist, als der übrige Raum des Schiffchens, damit das Glas in diesem weniger heissen Teile nicht zu zähflüssig werde. Ein zu dichtes Anlegen des Schiffchens an die Umfassungswand verhindert bei den gedeckten Schiffchen, **Fig. 157, Taf. XVIII**, die vorstehende Schnauze; bei den offenen sind zu diesem Zwecke die Vorsprünge *nn* in **Fig. 156, Taf. XVIII**, vorhanden.

Lührmann suchte bei der Konstruktion seiner kontinuierlichen Wannenöfen die Ringe und Schiffchen zu umgehen, da diese von dem in der Läuterung begriffenen Glase und der sich bildenden Gelle sehr heftig angegriffen werden und deshalb nicht von langer Dauer sind. Er trennte deshalb die Schmelzwanne von der Arbeitswanne gänzlich,

beide sogar unter Umständen in abgesonderten nebeneinander liegenden Oefen unterbringend, schmilzt in der ersteren das Gemenge wie in einem grossen Hafen vollständig blank und sticht es dann in die weniger heisse niedriger liegende Arbeitswanne ab. **Fig. 158a** und **b**, sowie **Fig. 159, Taf. XVIII,** zeigen eine solche Schmelzwanne im Längsschnitte, im Querschnitte und im Horizontalschnitte. Die Stirnwände der Wanne sind von gusseisernen Balken *ww* gebildet, in welche schmiedeeiserne Wasserröhren eingegossen sind. Diese Wasserröhren halten die Balken kühl und es werden letztere daher von dem schmelzenden Glase nicht angegriffen. Ein ähnlicher Balken *w* teilt die Wanne in zwei Teile, so dass gleichzeitig zwei verschiedene Glassorten geschmolzen werden können. Will man noch eine grössere Anzahl von Sorten verarbeiten, so muss natürlich die Wanne in ähnlicher Weise entsprechend oft geteilt werden. *vvvv* sind Luftkühlungen für den Wannenboden, $g g_1$ die Gas-, $o\, o_1\, o_2\, o_3\, o_4$ die Luftzuführungen, während $n\, n_1\, n_2$ die Kanäle zur Abführung der Abhitze repräsentieren, alles in derselben Weise angeordnet, wie dies bereits beim Lührmannschen Hafenofen beschrieben. *ee* sind Eintrageöffnungen, durch welche mittels Trichter das Gemenge in die Wanne gegeben wird, während *aa* die Abstichöffnungen für das geschmolzene Glas sind. Das Einlegen des Gemenges geschieht bei der Flaschenfabrikation zweimal in 24 Stunden und ebenso oft wird das Glas blank geschmolzen und in die Arbeitswanne abgestochen; es dauert also die Schmelze, trotzdem billiges Gemenge verarbeitet werden kann, nur 10 bis 11 Stunden. Während bei den Siemens-Wannen, wenn die Bewegung des fortschreitenden Glases keine ganz gleichmässige ist, leicht unreines, rampiges Glas in die Arbeitsringe oder Schiffchen kommt, die Fabrikate also nicht so blank wie in Häfen ausfallen, Fensterglas aber gar nicht in jenen erschmolzen werden kann, vindiziert Lührmann seinen Wannen den Vorzug, nicht nur Flaschenglas weit blanker zu liefern, sondern auch die Fabrikation von Fensterglas zu ermöglichen, wenn auch ganz entsprechend dem Hafenbetriebe, mit einem grösseren Aufwande von Zeit. Denn, wie Fensterglas in Oefen mit mehreren Häfen längere Zeit gebraucht, aber darin schliesslich doch ebensogut blank wird, als Flaschenglas, ebenso muss Fensterglas in einem Ofen mit nur einem Hafen, d. h. in einer Wanne, wenn auch in verhältnismässig längerer Zeit, ebensogut blank werden, als Flaschenglas. Damit nun aber beim Schmelzen etwa vorkommende Verzögerungen die Arbeit nicht stören, enthält die Arbeitswanne soviel Glas, dass die Arbeiter ruhig eine grosse Zahl von Stunden weiter arbeiten können, falls einmal das zu schmelzende Glas zur gewöhnlichen Zeit noch nicht zum Abstechen fertig, d. h. blank sein sollte. Nach dem Abstechen, welches während einer Arbeitspause in einigen Minuten erfolgt, kann das Glas sofort verarbeitet werden, während in die Schmelzwanne neues Gemenge eingelegt wird, nachdem man den Abstich der Schmelzwanne mittels eines Lehmballens verschlossen hatte. Den Kohlenverbrauch eines solchen Ofens gibt Lührmann selbst zu 168,8 kg pro 100 kg fertiges Glas an.

Wie die Zwischenwände sind an diesen Oefen auch die Ausgussöffnungen, die Stichlöcher, aus Gusseisen hergestellt und zwar sind dieselben, um auch hier eine zerstörende Einwirkung des durchpassierenden

Glases zu verhüten, gleichfalls in der Weise mit Wasserkühlung versehen, dass solches beständig in den hohlgegossenen Wandungen des Stücks zirkuliert. **Fig. 160, Taf. XVIII,** zeigt eine solche Abstichform im Längsschnitt und der äusseren Ansicht. *a* ist das Stichloch, *bb* sind die Ein- resp. Ausmündungen der Wasserröhren.

Einen noch ausgedehnteren Gebrauch von der Wasserkühlung machte G. Leuffgen in Berlin*), indem er, um das schmelzende Glas vor einer Verunreinigung durch Thon zu schützen, die ganze Wanne aus Metall herstellt und sie entweder in einem wassergefüllten Mauerbassin lagert, oder mit doppelten, wasserdurchflossenen Wandungen versieht. Eine Wanne der ersten Art ist in **Fig. 161, Taf. XVIII,** skizziert, während **Fig. 162, Taf. XVIII,** eine solche mit doppelter Wandung vorführt. Während die erstere Einrichtung sich von selbst erklärt, sei zu der letzteren noch bemerkt, dass dieselbe in Ketten *k* aufgehängt ist, welche ein einseitiges Senken der Wanne und somit das Ausgiessen des geschmölzenen Glases ermöglichen. Damit das letztere nicht von zu grosser Höhe auf die Giessplatte *P* herabstürze, ist noch eine Giessbrücke *B* angeordnet, welche, gehörig vorgewärmt, in eine zweckmässige Stellung gebracht wird, so dass der Glasstrom, ruhig über dieselbe sich ergiessend, gleichmässig sich ausbreiten kann. Durch die starke Kühlung überzieht sich die Wanne im Innern zunächst mit einer festen Glasschicht, welche sie von dem geschmolzenen Glase isoliert.

Von Leuffgen ist in neuerer Zeit auch der Vorschlag gemacht worden, die Glasfabrikation, ähnlich wie diejenige des Gusseisens in zwei gänzlich voneinander getrennte Zweige zu teilen, in die Rohglasfabrikation und in die Feinglasfabrikation. Zu dem Ende hat er**) zur Produktion grosser Mengen von Rohglas Oefen konstruiert, welche in 24 Stunden 800 bis 1000 Ztr. gut durchgeschmolzenes Glas liefern. Das Glas wird zweimal während des Tages, also jedesmal in Mengen von 4 bis 500 Ztr. in ein ausserhalb der Fabrik gelegenes Wasserbassin abgestochen und, nachdem es erkaltet, im eigentlichen Arbeitsofen umgeschmolzen und aus diesem als Feinprodukt verarbeitet. Dem hierzu dienenden Abstich gegenüber ist auf der andern Seite des Ofens ein zweiter Abstich angebracht, durch welchen das Glas in Formen fliesst, welche von einer Kette ohne Ende fortbewegt werden. Man erhält auf diese Weise auf mechanischem Wege direkt ein Fertigprodukt und kann ohne Erhöhung der Herstellungskosten in einem Tage circa 14000 Ziegel oder eine entsprechende Anzahl Platten, Röhren, Ornamente, Blöcke etc. giessen. Das so gewonnene Rohglas stellt sich so billig im Preise, dass die betreffende Hütte, auf der dasselbe bereits dargestellt wird, die Brunshauser Hütte bei Stade, dasselbe an andere Hütten zur weiteren Verarbeitung wohlfeiler abgeben kann, als diese selbst es darzustellen vermögen. Von Ch. Schür und H. Götz (ersterer ist Mitbesitzer der Brunshauser Hütte) ist nun eine Modifikation des Leuffgenschen Ofens***) beabsichtigt, bei welcher, wie **Fig. 163, Taf. XIX,** zeigt, zwischen die gabelförmig geteilten Gaskanäle *aa* ein

*) D. R. P. Nr. 6902. S. Dingler 239. 129.
**) Vergl. Sprechsaal 1882. 610.
***) Dingler, 244. 299.

Schacht *b* gesetzt wird, welcher mit durch Wasser, Luft oder Dampf gekühlten Doppelwandungen aus Metall versehen, unter Umständen auch mit feuerfestem Material ausgefüttert ist. Das mit Koks, Holzkohle oder anderem Brennstoff gemischte Glasgemenge wird durch die Oeffnung *e* eingeworfen und die erforderliche Verbrennungsluft durch Düsen *cc* eingeblasen. Das geschmolzene Glas fliesst durch die Oeffnung *d* in die Wanne *w*, aus welcher es zum weiteren Ausarbeiten oder zum Giessen entnommen wird. In ähnlicher Weise hat auch Krigar (D. R. P. Nr. 11728) einen Schachtofen zur Glasschmelze sich patentieren lassen; es wird indes genügen, vorläufig an dieser Stelle von diesen Bestrebungen Kenntnis genommen zu haben. Auch das Projekt von S. Reich in Berlin (D. R. P. Nr. 17736)*), Glas mittels Elektrizität schmelzen zu wollen, wird vorläufig noch in das Gebiet der Kuriositäten zu verweisen sein und eine kurze Andeutung des von den Patentnehmern vorgeschlagenen Verfahrens dürfte daher genügen. An den Säulen *bb*, **Fig. 164** und **165, Taf. XIX**, sind schmiedeeiserne Klemmlager *dd* angeschraubt, welche mittels der Isolierstücken *ee* die gussstählernen, galvanisch platinierten Pole *ff* umfassen, in welche letzteren wieder die kupfernen Leitungsstangen der dynamoelektrischen Maschine eingefügt und mittels der Schrauben *g* befestigt sind. An den Polen *ff*, welche durch eingelassene Schamottestücke voneinander isoliert sind, ist ein feingelochtes, halbkugelförmiges Sieb aus Platinblech befestigt. Der Arbeitstiegel *l* aus Schamotte oder Graphit ruht in dem grösseren gusseisernen Kessel *m* und ist von dem letzteren durch ein Gemisch von Holzasche und Asbest isoliert. Das auf die Säulen aufgeschraubte ringförmige Aufsatzstück *c* trägt einen Aufgebetrichter *o* aus unglasiertem Porzellan, welcher bei *rr* dicht auf die Gussstahlpole aufgeschliffen ist. Als Glassatz wollen die Patentnehmer ein Gemenge aus

100	Sand,
40	Soda,
16	Kalk,
8	Mennige,
0,6	Arsen,
0,28	Braunstein

verwenden, welches in den Trichter gegeben wird, nachdem dessen untere Verlängerung mit Glaspulver aus demselben Glase gefüllt worden. Der Arbeitstiegel wird stark angewärmt in die Kessel eingesetzt, gleichfalls mit dem Glaspulver zur Hälfte gefüllt und dann die Dynamomaschine in Betrieb gesetzt. Das Platinsieb erglüht alsbald; das Glas schmilzt durch dasselbe hindurch und sammelt sich im Arbeitstiegel, aus welchem es verarbeitet wird.

Auf diese Weise soll mit Umgehung der grossen Schmelzöfen für jeden speziellen Artikel ein selbständiger Schmelz- und Arbeitsapparat dienen, in welchem jeder Glasmacher sein Gemenge sich selbst einschmilzt. Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit eines solchen Apparates möge der Versuche von C. W. Siemens gedacht sein, welcher mit einer 4pferdekräftigen Dynamomaschine in 15 Minuten 1 kg Stahl, mit

*) Vergl. Dingler, 246. 462.

5 Maschinen und 12 Pferdekräften aber in einer Stunde 10 kg Stahl, 3 kg Schmiedeeisen aber in 20 Minuten schmolz, während 350 g Kupfer in einer halben Stunde fast völlig verdampften.

Nachdem im vorstehenden die Entwickelung der Gasschmelzöfen von ihren Anfängen bis zu ihrer heutigen Vollkommenheit dargelegt und die hauptsächlichsten Systeme selbst nach ihren speziellen Einrichtung eingehend beschrieben worden, mögen hier noch einige allgemeine Bemerkungen über den Bau und den Betrieb dieser Oefen folgen.

Für welches der beschriebenen Systeme man sich auch möge entschlossen haben, immer wird die Anlage der Generatoren die Grundlage bilden und rücksichtlich der letzteren sind nicht nur zahlreiche Variationen innerhalb ein und desselben Systems möglich, es ist sogar dringend notwendig Form und Dimensionen des Generators den jeweilig vorliegenden Verhältnissen genau anzupassen, soll anders nicht die gesamte Anlage in ihren Grundzügen schon eine verfehlte sein. Die Umstände aber, von dem die spezielle Einrichtung des Generators abhängig ist, sind so mannigfacher Art, dass sie, fast möchte man sagen für jede Hütte sich anders gestalten; denn sowohl die Natur des zu vergasenden Brennmaterials, d. h. ob Holz oder Torf, Braun- oder Steinkohle verwendet werden soll, wie auch dessen physikalische Beschaffenheit nach Korngrösse und Feuchtigkeitsgehalt, seine chemische Zusammensetzung, insbesondere auch rücksichtlich des Aschengehaltes, nicht minder endlich das Verhalten des letzteren in hoher Temperatur bezüglich der grösseren oder geringeren Neigung zur Schlackenbildung sind bei der Konstruktion der Generatoren gebührend zu berücksichtigen. So sei namentlich in letzterer Beziehung nur auf den schwerwiegenden Einfluss der Dimensionen des Rostes aufmerksam gemacht. Ist bei einem aschenreichen, sehr zur Schlackenbildung geneigten Brennmaterial bei gegebenem Schornsteinzuge die freie Rostfläche, d. h. die Summe der Zwischenräume zwischen den einzelnen Stäben sehr gross, so wird die Geschwindigkeit der einströmenden Luft selbstverständlich verhältnismässig klein; infolgedessen bleibt auch die Temperatur unmittelbar über dem Roste eine niedrige, die Asche findet nicht die zur Schlackenbildung erforderliche Hitze, sie bleibt staubig und stückig und lässt sich durch einfache Manipulationen, oft lediglich durch Anklopfen an die Roststäbe entfernen. In dem Masse aber, in welchem sich die freie Rostfläche verkleinert, nimmt die Geschwindigkeit der einströmenden Verbrennungsluft zu, die Temperatur steigt, die Asche sintert und bäckt zusammen, legt sich fest auf den Rost, diesen verstopfend und ist nur äusserst schwierig zu entfernen. Anderseits kann aber ein zu grosser Rost wieder einen höchst ungünstigen Einfluss auf die Gasproduktion haben; denn je geringere Geschwindigkeit die einströmende Luft hat, je weniger energisch also die Verbrennung unmittelbar über dem Roste ist, um so weiter dehnt sich die Verbrennungszone nach oben hin aus und ist die Beschickungssäule nicht eine beträchtliche, d. h. ist die ganze Anlage nicht eine sehr umfangreiche, so findet die in der Verbrennungszone gebildete Kohlensäure nicht hinreichende Gelegenheit zur

Reduktion und es resultieren kohlensäurereiche Gase von geringem Heizeffekt unter gleichzeitigem Verlust an Brennmaterial. Deshalb ist neuerdings von Liegel der Rost ganz beseitigt worden, indem gleichzeitig der untere Teil des Generators zu einem einfachen Mauerschlitze zusammengezogen wurde. Hierdurch wird die Einströmungsgeschwindigkeit der Luft und damit auch die Temperatur unmittelbar über dem Schlitze so gross, dass die Schlacke schmilzt und teils von selbst durch den Schlitz abfliesst, teils mit Leichtigkeit entfernt werden kann. Aber die von Liegel zur Bildung des Schlitzes verwendeten feuerfesten Steine zeigen sich unter der Einwirkung der Schlacken wenig haltbar und sind daher von Lührmann durch gusseiserne, wassergekühlte Balken ersetzt worden. Die **Fig. 166** bis **168, Taf. XIX,** zeigen einen solchen Schlitzgenerator mit Wasserkühlung im Längs-, Quer- und Horizontalschnitt, der erstere nach der Linie 3 bis 4, der zweite nach der Linie 1 bis 2 und der dritte endlich nach der Linie 5 bis 6 genommen. Die Balken AB, in welchen das Wasser auf dem Wege 1 — 2 — 3 — 4 — 5 — 6 zirkuliert, sind von vorn und hinten nach der Mitte zu geneigt, so dass die Schlacke sich hauptsächlich an dieser heissesten Stelle sammelt, cc sind Haken, auf den Rahmen D vernietet, bestimmt, die Stange d zu tragen, welche ihrerseits bei der Bedienung des Schlitzes dem Gezäh als Auflager dient; ff ist eine Rinne, welche um den ganzen Rahmen D herumläuft, in welche, wenn bei etwaigem Stillstande die Gasentwickelung unterbrochen werden soll, nachdem man sie mit Lehm vollgestrichen, die mit entsprechendem Vorsprung versehene Thürplatte E eingedrückt wird. Durch einen zwischen die Thür und die Vorlegstange d getriebenen Keil i wird erstere fest geschlossen und gehalten.

Die Treppenroste haben vor den horizontalen mancherlei Vorteile, indem die letzteren sowohl in Bezug auf Unterhaltung und Bedienung viele Schwierigkeiten darbieten, während sie rücksichtlich des Brennmaterials wenig sparsam sind, da sie, wenn namentlich letzteres aus wenig backenden Steinkohlen oder Torf besteht, welche in der Hitze zerfallen, viel unverbrennten Brennstoff durchpassieren lassen. Die stark geneigten Treppenroste sind von diesen Mängeln frei, und verdienen daher mit den bereits besprochenen Beschränkungen den Vorzug. Infolge der grossen freien Oberfläche, die sie dem Brennmaterial darbieten, findet hier eine weit reichlichere Gasentwickelung statt. Da man, wenn die Verbrennung an freier Luft und bei offnem Aschenfall stattfindet, alle Teile des Rostes stets unter den Augen hat, so verursacht auch seine Reinigung keine Schwierigkeit.

Nicht weniger wichtig, als die Einrichtung des Rostes ist die Höhe der Brennmaterialschicht über demselben, von welcher dann wieder die Schachthöhe abhängig ist.

Die folgende Tabelle gibt für jeden in dem Generator mit Treppenrost anzuwendenden Brennstoff die mittlere Schichthöhe desselben von der obersten Stufe des Rostes an, sowohl bei frei zufliessender, sowie bei mechanisch eingeführter Luft.

Art des Brennmaterials	Höhe der Schicht	
	für zufliessende Luft	für eingeführte Luft
	Zentimeter	Zentimeter
Steinkohle, gute	65	78
Braunkohle	63	71
Lignit, feucht	60	70
Lignit, trocken	58	81
Kompakter Torf zu Steinen geformt	70 bis 78	84
Schwammiger Torf, ebenfalls geformt	121	140
Lohbälle	99	110
Sägespäne, mit Holzabfällen gemengt	121	140
An der Luft getrocknetes und in 20 cm lange Stücke geschnittenes Holz	110	129

Diese Angaben können indessen immer nur als Anhaltepunkt gelten, da die nach ihren physikalischen Eigenschaften so sehr verschiedenen Brennmaterialien, die Zugverhältnisse u. s. w. sehr modifizierend auf dieselben einwirken werden.

Die äussere Umfassungsmauer des Generators wird aus guten Ziegelsteinen in Lehmmörtel ausgeführt. Alle Wandflächen aber, die mit dem Brennmaterial in unmittelbare Berührung kommen, müssen aus feuerfesten Steinen hergerichtet werden. Es ist selbstverständlich, dass das ganze Mauerwerk mit grosser Sorgfalt ausgeführt werden muss, damit keine Fugen entstehen, durch welche atmosphärische Luft eindringen würde. Als Mörtel wird vielfach mit gutem Erfolge statt der Schamotte ein Gemisch von Lehm und Zuckermelasse angewendet. Um das Entstehen von Rissen und Spalten infolge der Ausdehnung durch die Wärme zu vermeiden, lässt man zwischen dem feuerfesten Futter des Generators und dem äusseren Mauerwerk einen Zwischenraum von ca. 10 cm, den man, um das Eindringen von atmosphärischer Luft zu verhüten, mit Sand ausfüllt. Die Stärke eines Backsteins, auf die breite Seite gelegt, genügt für die Dicke der Ausfütterung, während die äussere Umhüllung wenigstens die Dicke von 1 ½ Backsteinlängen verlangt, und das Ganze durch Verankerungen mit eisernen Platten und Stäben zusammengehalten und befestigt wird.

Der Generator sollte geräumig genug sein, um die zum ununterbrochenen Gange, während 12 bis 16 Stunden, für die Hütte nötige Menge Brennmaterial aufnehmen zu können; selbstverständlich aber lässt man das letztere nie vollständig vergasen, sondern füllt von Zeit zu Zeit neues Material nach, indem man sich jedesmal so einrichtet, dass eine solche Beschickung mit gewissen Abschnitten der Fabrikation, wie z. B. mit dem Einbringen der Glasmaterialien in die Häfen, während des Kaltschürens oder bei anderen Gelegenheiten, wo die Flugasche einen nachteiligen Einfluss auf die Beschaffenheit des Glases ausüben könnte, nicht zusammenfalle. Wenn man sich bedeckter Häfen bedient, so werden diese Vorsichtsmassregeln überflüssig; die Beschik-

kungen können sich nach dem Bedürfnis, wie es die Sonde anzeigt, folgen, und es können daher die Generatoren kleiner sein. Indem man jedoch bedeckte Häfen anwendet, muss man auf einen der grössten Vorteile, welche die Fabrikation mit Gas darbietet, Verzicht leisten; denn der Nutzeffekt, welchen die unmittelbare Zurückstrahlung der Flammen auf die Oberfläche des Glases erzeugt, würde sicher verloren gehen.

Das Nachfüllen von Brennmaterial geschieht mittels der, Rumpf oder Trichter genannten Aufgebevorrichtung. Diese letztere ist ein Gefäss von Eisen, von cylindrischer oder prismatischer, dem Querschnitt des Generators ähnlicher Gestalt mit zwei beweglichen Böden; in dasselbe bringt man das zur Beschickung des Generators bestimmte Brennmaterial; während der Trichter oben offen ist, muss der untere Boden verschlossen bleiben. Nachdem man das Brennmaterial eingefüllt hat, schliesst man die Oeffnung, um den Inhalt, indem man den untern Boden öffnet, in den Generator fallen zu lassen.

Der obere Deckel bildet eine runde eiserne Büchse, deren vertikale Ränder in eine tiefe mit Wasser gefüllte Rinne tauchen, und ist an einer Kette aufgehängt, die über eine feste Rolle geht und an ihrem andern Ende mit einem Gegengewicht beschwert ist.

Was den beweglichen Boden betrifft, so kommt viel darauf an, dass er so eingerichtet sei, um die gleichförmige Verteilung der Brennstoffe zu erleichtern.

Häufig bildet diesen beweglichen Boden ein Schieber von Eisen, dessen einer Teil voll, während der andere mit einem der Oeffnung des Trichters entsprechenden Ausschnitte versehen ist, so dass man die Verbindung des Trichters mit dem Generator nach Belieben unterbrechen und wiederherstellen kann.

Besser noch hat der untere bewegliche Boden die Gestalt eines Kegels oder einer Pyramide mit kurzer Achse, je nachdem der Querschnitt des Trichters rund oder vierseitig ist. Der Boden ist an einem langen runden eisernen Stiele befestigt, welcher durch den Mittelpunkt des obern Deckels geht und an einer Kette mit Gegengewicht aufgehängt ist, welches ihn beständig gegen die untere Mündung des Trichters presst, um den Verschluss herzustellen. Da wo dieser Stiel durch den obern Deckel geht, trägt dieser einen festen Ring mit einer Klemmschraube, mittels welcher man den Schaft beliebig feststellen kann.

Dieser untere Verschluss erfüllt gleichzeitig alle wünschenswerten Bedingungen; zunächst bewirkt er die zweckmässige Verteilung des Brennmaterials, sodann kann der Boden selbst als Sonde dienen; indem man sich durch Herablassen desselben jeden Augenblick überzeugen kann, ob die vorhergehende Füllung unter das normale Niveau niedergegangen, und der Moment zu einer neuen Beschickung gekommen ist.

Die oben beschriebenen Schieber bedürfen einer eigenen Sonde, die in einem runden eisernen Stabe besteht, der durch eine Oeffnung aussen neben dem Aufsatze in der Platte in den Generator geht. Dieser Stab dient gleichzeitig dazu, die zusammengebackenen Klumpen, die in der oberen Schicht des Brennmaterials entstehen können, zu zerkleinern; doch muss man davon nur mit Vorsicht Gebrauch machen; denn indem

man diese zusammengebackenen Rinden durchstösst, und das Brennmaterial in dem Generator mit Gewalt aufstört, erzeugt man augenblicklich einen zu lebhaften Luftstrom, welcher Wolken von Asche und Staub aufhebt und in den Ofen zieht. Uebrigens würde der grösste Teil dieser kleinen Körper, indem sie sich an die Seitenwände der mit Teer und andern klebrigen Flüssigkeiten ausgekleideten Gaskanäle anhängen, Krusten bilden und die Querschnitte der Kanäle nicht unwesentlich verengen.

Ueber die Zuführung der Verbrennungsluft ist schon an einem früheren Orte ausführlich gesprochen.

Die Ableitung des Gases liegt gewöhnlich hoch oben im Generator; es sind indessen an einer früheren Stelle bereits die Vorzüge tiefergelegener Gasableitungen ausführlich besprochen worden. Diese Kanäle können ebensogut aus Gusseisen, wie aus Mauerwerk hergerichtet werden, nur müssen sie geräumig genug sein, damit ein Mensch hineinsteigen kann, um dieselben von Zeit zu Zeit zu reinigen, weil sie sich sonst, wenn der Generator nicht dicht an den Ofen angebaut ist, das Gas also in den Leitungen sich abkühlt, infolge beträchtlicher Ablagerungen von Teer und Asche allmählich verengen und schliesslich ganz verstopfen würden.

Anfänglich namentlich machte diese Kondensierung des Teers vielfache Beschwerden und war man daher sehr darauf bedacht, dies unliebsame Nebenprodukt der trockenen Destillation thunlichst unschädlich zu machen.

Man liess daher die Gase zunächst in einen senkrecht abwärtsführenden Kanal **(Fig. 105, Taf. XII)** eintreten, in dessen Boden ein eiserner Trichter (18) mit langem Rohr, welches in ein mit Wasser gefülltes, zur Aufnahme des Teeres bestimmtes Reservoir eintauchte, eingefügt war. Die obere Mündung des Trichters war mit einer Rinne versehen, die als Wasserverschluss dient, und in welche der ausgezackte Rand eines wie eine Glocke gestellten Deckels (17) eintauchte, während der äussere Rand des Verschlusses weit höher war, als dessen innerer, und letzterer die Einschnitte der Glocke an Höhe überragte. Vermöge dieser Einrichtung hält der Teer stets die Rinne bis an den Rand gefüllt und kann in das Reservoir abfliessen, ohne dass ihm Gas zu folgen vermöchte. Jeder dieser vertikalen Kanäle war mit einem Mannloch versehen, welches durch eine Glocke mit Wasserverschluss überdeckt wurde; ein ähnlicher Verschluss befand sich unmittelbar unter dem seitlichen Zuführungskanale (11), durch welchen das Gas aus dem Generator nach dem vertikalen Kanale übertritt und dient zur gänzlichen Absperrung des Gases. Dieser Verschluss ist mit einem runden eisernen Stabe, der durch das Zentrum des Mannlochdeckels geht, versehen, und letzterer mittels einer über eine feste Rolle gehenden Kette mit Gegengewicht aufgehängt. Auf diese Weise kann man daher den Generator gänzlich vom Ofen absperren, oder auch, wenn zwei Generatoren vorhanden sind, dieselben einzeln für sich oder gemeinschaftlich fungieren lassen.

Ist nur ein Generator vorhanden so zweigt direkt von dem vertikalen Kanale der zur Weiterführung des Gases bestimmte Kanal ab; bei mehreren Generatoren sind hingegen jene vertikalen Kanäle zunächst

durch einen horizontalen verbunden und von diesem erst strömt das Gas in die gemeinsame Hauptleitung.

Gewöhnlich gibt man dem gemeinschaftlichen Kanale, dessen Länge, wenn der Zug der Schornsteine sehr stark ist, nötigenfalls 300 m erreichen kann, eine schwache Neigung. In der Decke dieses Hauptkanals muss man, um denselben leicht reinigen zu können, in Entfernungen von 5 zu 5 m Senkgruben oder Zisternen für den Teer und über jeder derselben Mannlöcher mit Sicherheitsverschluss anbringen.

Die bisher betrachteten Kondensationsvorrichtungen, zu denen noch die schon früher besprochene Siemenssche hinzukommt, genügen wohl zur Abscheidung des Teers, nicht aber zu derjenigen der Wasserdämpfe. War man daher gezwungen, sehr wasserreiche Brennmaterialien, grünes Holz, schlechten Torf, nassen Lignit und dergl. zu vergasen, so schaltete man früher wohl in die Gasleitung einen Kondensator zur Verdichtung der den Heizeffekt sehr herabdrückenden Wasserdämpfe ein.

Ein solcher Kondensator bestand aus zwei hohlen konzentrischen Cylindern von Eisenblech (24 und 25 **Fig. 105, Taf. XII**) von verschiedenen Durchmessern, die mit ihren unteren offenen Enden in einen mit Wasser gefüllten Behälter eintauchen, und in deren Mittelpunkt ein ununterbrochener Strahl von Wasser dem von oben kommenden Gasstrom einen Regen von kaltem Wasser entgegentreibt. Nachdem nämlich der Gasstrom in dem zwischen den Wandungen der beiden Cylinder vorhandenen freien Zwischenraume wieder in die Höhe gestiegen ist, wird er gezwungen, in das Innere des kleineren Cylinders einzutreten und nach unten zu wenden, um sich alsdann, von den Wasserdämpfen und etwaiger Flugasche befreit, in den Ofen zu ergiessen.

Man stelle sich einen hohlen Cylinder aus Eisenblech von 2 m Höhe und 0,62 m Durchmesser vor, der oben durch einen Deckel mit Wasserverschluss verschlossen ist und mit seinem zickzackförmig ausgeschnittenen offenen Ende senkrecht in einen bis an den Rand mit ununterbrochen abfliessendem Wasser angefüllten Bottich von 0,78 m Höhe und 0,26 m Durchmesser eintaucht; man stelle sich ferner vor, dass in einem Abstande von 0,57 m von seinem unteren Ende, der Cylinder eine horizontale Röhre von 0,47 m Durchmesser trage, welche die Verbindung zwischen dem Cylinder und dem vom Generator kommenden Gaskanal bildet; sowie, dass ein anderer, nur etwa 0,08 m kürzerer Cylinder von nur 0,47 m Durchmesser, an seinen beiden Enden offen und mit einem gleichen Ansatz versehen wie der grosse Cylinder, in dem Mittelpunkte des letzteren aufgerichtet sei, so dass der Ansatz des kleinen die dem Ofen zugekehrte Seite des grössern durchbricht, um so den Ausgang für die gereinigten Gase zu bilden, so wird man sich eine genaue Vorstellung von dem Apparate selbst machen können.

Im Boden des Bottichs befindet sich eine mit einer Klappe versehene Oeffnung, die zum Abfluss dient, wenn man das Gefäss entleeren will. Das aus der Brause kommende und zur Kondensation angewendete Wasser hält den Bottich beständig voll und fliesst mit dem oben aufschwimmenden Teer durch einen Kanal (36) in eine Zisterne ab, aus der man den letztern von Zeit zu Zeit ausschöpft.

Ein mit einer Brause von 0,1 m Durchmesser versehenes, 0,78 m hohes und 0,06 m weites Rohr (26) ist aufrecht im Mittelpunkte des Kondensators dergestalt befestigt, dass es nach aussen mit einem Wasserbassin in Verbindung steht, welches 2 m über der Brause angebracht ist; ein Hahn regelt den Ausfluss des Spritzenrohres. Die Brause sitzt auf dem letzteren mittels einer Klemmschraube; ihre Oeffnungen haben 2 mm Durchmesser und sind auf ihrer Oberfläche regelmässig verteilt. Die Reinigung geschieht mittels einer an einem genügend langen Stiele befestigten Bürste, um die Brause von oben durch den Kondensatordeckel erreichen zu können.

Derartige Kondensatoren, welche früher vielfach im Gebrauch waren, namentlich da, wo, wie z. B. auf schwedischen Hütten, den nassen Torf an freier Luft zu trocknen die Ungunst des Klimas nicht zuliess, sind heute wohl gänzlich aus der Praxis verschwunden, indem dem Betriebe des Kondensators und der durch ihn herbeigeführten bedeutenden Abkühlung der Gase gegenüber die Anlage in grossartigstem Massstabe ausgeführter künstlicher Trockenanlagen vorteilhaft erscheint.

Gewöhnlich sind alle diese Gasleitungen unterirdisch angelegt und in Mauerwerk ausgeführt, für dessen gänzliche Undurchlässigkeit für Gas, Luft und Wasser selbstverständlich in vorzüglichster Weise Sorge getragen werden muss; man darf sie daher nur unter bedachten Räumen anlegen und muss nötigenfalls für gehörige Isolierung Sorge tragen. Ebenso sind bei der Anlage dieser Kanäle alle scharfen Biegungen und Abzweigungen zu vermeiden.

Hat man nun schon bei Ausführung des Mauerwerks von Generator und Gaskanälen alle nur denkbare Sorgfalt anzuwenden, so gilt dies noch vielmehr von dem Mauerwerk des Ofens selbst. Namentlich sind es die Lufterhitzer der Rekuperativ-Oefen (Nehse, Lührmann u. s. w.), zu deren Herstellung nur scharfgebrannte Platten und Steine aus allerbestem Material verwendet und die mit recht dünnem Mörtel auf das Akkurateste gearbeitet werden müssen, da jede Nachlässigkeit hier Undichtigkeiten der Fugen zur Folge hat, durch welche wieder die in die Röhren des Lufterhitzers eingetretene, schon erwärmte Luft vermöge der Zugwirkung des Schornsteins in die Abhitzkanäle und durch diese in die Esse selbst übergeht, wodurch einerseits direkte Wärmeverluste, anderseits Störungen der Flamme notwendig resultieren. Den Mörtel wendet man am besten ganz dünnflüssig an, giesst ihn mit einem Löffel auf die wohlabgeschliffenen Steinflächen, nachdem man diese zuvor genässt und lässt nur soviel des Mörtels auf dem Steine zurück, als nicht freiwillig wieder abläuft.

Die Steine selbst wird man, wenn man nicht über ganz vorzüglichen Thon und entsprechende Einrichtungen verfügt, am besten aus einer der renommierten Fabriken feuerfester Produkte beziehen. Für die Kappe sind jetzt allgemein die Dinassteine in Anwendung, einmal wegen ihrer Feuerbeständigkeit, dann auch wegen des geringen Schlierens. Von einer bedeutenden Stärke des Gewölbemauerwerks sehe man dabei ab, da ein halber Dinasstein (ca. 11 cm) und ein darübergelegter Mantel von einem halben gewöhnlichen Ziegelstein in der Regel vollkommen genügt. Schliesslich versäume man nicht, durch eine recht

splendide Verankerung dem ganzen Bauwerk die erforderliche Widerstandsfähigkeit gegen die ausdehnende Wirkung der Hitze zu geben.

Ganz besondere Sorgfalt ist bei Wannenöfen endlich noch auf die Konstruktion der Wannensohle zu legen, für welche Lührmann unter anderm eine für die Bodensteine der Eisenhohöfen gebräuchliche empfohlen hat.

Feuerfeste Steine in grossen Formaten können erfahrungsmässig nicht gleichmässig durchgebrannt, auch nicht ohne innere Risse hergestellt werden, wogegen kleine feuerfeste Steine diese Mängel nicht haben. Gewöhnlich geformte feuerfeste Steine werden aber, zu einem Boden oder einer Sohle verwendet, bei ihrem spezifischen Gewicht von 1,85 sehr leicht von dem in die Fugen des Mauerwerkes eintretenden flüssigen Glase, von 2,46 bis 3,33 spez. Gew., aufgetrieben und zum Schwimmen bezw. zur Auflösung gebracht, was die frühzeitige Ausserbetriebsetzung des Ofens veranlasst. Es war daher ein Boden oder eine Sohle aus kleinen, gut herzustellenden und gut durchzubrennenden feuerfesten Steinen zu konstruieren, welche nicht zum Schwimmen gebracht werden können.

Dies ist bei dem in **Fig. 169 a** und **b**, **Taf. XIX**, gezeichneten Herd oder Boden erreicht, indem man denselben oder die Sohle des Ofens aus einer oder aus mehreren Lagen von Steinen (in der Zeichnung zwei) herstellen lässt, welche als Rhomben oder abgestumpfte Pyramiden, wie gezeichnet, so aneinander gefügt sind, dass der mittelste Stein von den zunächst umliegenden, die Steine zweiter Reihe von denjenigen dritter Reihe etc., die vorletzte und letzte Reihe von der ganzen darauf ruhenden Last der Seitenwände inkl. Gewölbe des Ofens niedergehalten werden.

Durch diese Konstruktion der Sohlen der Glasöfen wird der Auftrieb der Boden oder Sohlsteine unmöglich gemacht, und wird die Betriebsdauer solcher Oefen mit Boden oder Sohle aus feuerfesten Steinen eine bedeutend grössere.

Einige Beispiele der zu solchen Sohlen zu verwendenden Steinformen sind unter *c d e*, **Fig. 169 c**, **Taf. XIX**, gezeichnet.

Die verschiedenen Ofenteile sind wie folgt bezeichnet: $g\,g^1\,g^2$ Gaskanal, Gasschächte bezw. Gasaustrittsöffnungen, $o\,o^1\,o^2$ Luftschächte, Luftkanal bezw. Luftaustrittsöffnung, $n\,n^1$ Fuchsöffnung, Abhitzeschächte, *f f* Oeffnungen teils zur Reinigung der Schächte, Kanäle und Oeffnungen, teils zur etwaigen Beschränkung oder Veränderung der Querschnitte über Feuer- und über Fuchsbrücke durch Verlegen mit feuerfesten Steinen, *k k* sind 15 Arbeitsöffnungen, *l l* zwei seitliche Gemengeinlegeöffnungen, welche auch als Arbeitsöffnungen dienen können, *w w* Boden- oder Sohlenkühlkanäle.

Den Generator selbst legt man, wenn die Umstände es irgendwie gestatten, unter die Erde; man erreicht dadurch den Vorteil einer grösseren Stabilität, besserer Dichtigkeit, leichteren Aufgebens des Brennmaterials, und wenn die Niveaudifferenz vom Roste des Generators bis zur Ofensohle 2 bis 3 m beträgt, eines genügenden Auftriebs der Gase, vermöge dessen die letzteren mit einer gewissen Lebhaftigkeit den Leitungen und dem Ofen zuströmen. In welcher Weise Siemens

bei unzulänglicher Niveaudifferenz den Gasen den nötigen Impuls erteilt, ist bereits früher dargelegt worden.

Von der Grösse des Ofens, sowie von der grösseren oder geringeren Höhe, um welche die Verbrennungsprodukte durch die Regeneratoren oder die Rekuperatoren abwärts gesaugt werden müssen, sind die Dimensionen des Schornsteins abhängig. Die Höhe desselben schwankt zwischen 15 und 25 m und rechnet man in der Regel nur 0,0025 bis 0,0033 qm freien Querschnitt seiner oberen Mündung pro 1000 kg und Stunde zu verbrennender Kohle.

Bei der Inbetriebsetzung einer neuen Anlage tempert man den Ofen zunächst in der später zu beschreibenden Weise auf, indem man am zweckmässigsten in zwei einander gegenüberliegende Hafenthore die Füchse der Vorwärmöfen einführt. Gegen das Ende des Auftemperns erfolgt dann die Inbetriebsetzung des Generators.

Wenn dem Generator die atmosphärische Luft mittels eines Ventilators oder auf eine andere mechanische Weise zugeführt werden soll, so hat man sich vor allem zu versichern, dass das Gebläse seine Funktionen zu beginnen bereit sei, dass alle Sicherheitsventile, sowie die Verschlüsse an den Abflüssen für den Teer ihre richtige Stellung haben, und ihre Verschlusszarge ordnungsmässig gefüllt sei.

Den Generator selbst hatte man vorher schon durch ein schwaches Feuer, welches eine Zeitlang bei geöffnetem Fülltrichter und, wenn eine solche überhaupt vorhanden, auch bei geöffneter Nebenesse, auf seinem Roste unterhalten wurde, ausgetrocknet. Gas- und Luftventile des Ofens sind natürlich während des Temperns verschlossen; aber man öffnet nur, wenn lange Gasleitungskanäle vorhanden, die dem Ofen zunächst liegende Einsteigeöffnung der letzteren, damit die Wärme aus dem Generator auch hier hindringe und die Kanäle austrockne und anwärme.

Nachdem dies alles soweit vorbereitet geht man zur Inbetriebsetzung des Generators selbst über. Man bringt zu dem Ende eine Schicht Stroh auf den Rost, hierauf gespaltenes Holz oder trockenes Reisig, und auf dieses eine Lage Brennmaterial, worauf man das Ganze anzündet. Der anfänglich entstehende Rauch geht durch die Füllvorrichtung oder auch durch die Nebenesse ab.

Nachdem alles Brennmaterial in Brand geraten ist, führt man allmählich durch den Trichter soviel Brennstoff zu, dass der Rost 45 cm hoch davon bedeckt ist, dies ist auch der Zeitpunkt, in welchem das Gebläse, wenn ein solches vorhanden, in Thätigkeit zu setzen ist, so dass es die Luft in den geschlossenen Aschenfall treibt. Eine Stunde, nachdem man das Feuer angezündet hat und die Flammen sich auf der Oberfläche des Brennmaterials zeigen, muss man von neuem auftragen, bis die normale Höhe, die man durch Sondieren erkennt, erreicht ist.

Wenn die Verbrennung nach und nach lebhafter geworden ist, schliesst man, damit die Gase allmählich die Gaskanäle mehr und mehr erhitzen und die atmosphärische Luft austreiben, allmählich den Trichter oder den kleinen Schornstein.

Zeigt die gelbe Färbung der dem Trichter beim Oeffnen entströmenden Dämpfe, dass reichliche Gasbildung eingetreten, so öffnet man

vorsichtig die Gasventile des Ofens, worauf man in dem letzteren durch die in demselben herrschende Rotglut hindurch, die Bildung der Gasflammen bald beobachten kann.

Um den Generator auf seine normale Wirksamkeit zu bringen, die sich auch durch richtige Beschickungen leicht unterhalten lässt, sind mindestens 6 Stunden erforderlich. Die Geschicklichkeit des Heizers beschränkt sich auf die Produktion einer reichlichen Menge Gas und auf die Regulierung der während der verschiedenen Stadien der Fabrikation in den Ofen einzuführenden Gas- und Luftvolumina. Hierbei kann als Anhaltepunkt dienen, dass während der Schmelze eine helle, nicht rauchende Flamme stets aus den Arbeitslöchern herausspitzen soll. Beim Kaltschüren schliesst man den Essenschieber etwa um die Hälfte und bricht entsprechend an Gas und Luft ab, gibt aber von beiden letzteren beim Ausarbeiten wieder soviel zu, dass einmal die richtige Arbeitshitze erfolgt und die Flammen vereinzelt ruhig und regelmässig durch die Arbeitslöcher züngeln.

Mit diesen Angaben wird es dem Heizer leicht sein, eine hinreichend genaue Regulierung zu bewirken; doch muss das Oeffnen und Schliessen der Ventile sehr allmählich geschehen, denn wenn man die richtige Grenze in einem Mehr oder Weniger überschreitet, so entsteht eine Störung in der Verbrennung. Die Aufmerksamkeit des Heizers muss sich hauptsächlich darauf richten, den Rost und die Schichtung des Brennmaterials in gutem Zustande zu erhalten; er muss stets die normale Höhe beibehalten, von dem Roste die Schlacken entfernen und aufs sorgfältigste die Entstehung von Oeffnungen vermeiden, durch welche die Luft, ohne mit den glühenden Kohlen oder Koks in Wechselwirkung getreten zu sein, in das Innere des Generators eindringen würde. Aus dem letzteren Umstandc würde unvermeidlich eine Explosion entstehen, deren Gewalt zu der Menge der unveränderten Luft, die Gelegenheit gefunden hatte sich mit dem aus dem Generator kommenden Gase zu mischen, im Verhältnis steht.

Diese früher so gefürchteten Explosionen müssen stets einer zu frühen Mengung von Luft und Gas zugeschrieben werden, sei es, dass die Mengung in dem Generator in dem über dem Brennstoff vorhandenen für die brennbaren Gase bestimmten Raume, sei es in den Gasleitungen, stattgefunden habe; sie lassen sich jedoch leicht vermeiden, wenn man sich die Ursaehen klar macht, die zu ihrer Entstehung Veranlassung geben können. Zunächst handelt es sich darum, auf dem Rost stets eine Schicht Brennmaterial von einer für jede Art bestimmten Höhe zu unterhalten, entweder durch eine richtige Beschickung, oder durch eine partielle und allmähliche Verstopfung der oberen Rostöffnungen, oder endlich indem man das Volum der durch das Gebläse unter den Rost des Generators zugeführten atmosphärischen Luft vermindert. Jeder irgend welche Zustand des Rostes, der der unveränderten Luft den Durchgang verstattet, kann eine Explosion im Gefolge haben, Daher muss man es vermeiden, dass das Brennmaterial auf den oberen Teilen des Rostes sich jemals entzünde, oder ohne entzündet zu sein, unmittelbar darauf liege, denn alsdann würde Luft eintreten, ohne vorher zersetzt worden zu sein. Die schwarzen Stellen, die man zuweilen auf dem Roste bemerkt, zeigen die Anwesenheit von Schlacken,

die ebenfalls schädlich werden können. Weiter muss man sich des guten Zustandes der Wasserverschlüsse und der Mauer versichern, welche überall dicht sein müssen, damit nicht etwa Luft in die Kanäle dringe und hier mit dem Gase sich mische.

Es kann vorkommen, dass die Brennmaterialschicht im Generator aus irgend welcher Ursache gerade in dem Augenblicke schwächer wird, wo die im Ofen vorzunehmenden Arbeiten eine neue Beschickung des Generators nicht gestatten; dann muss der Heizer, wenn er kleine blaue Flammen hervorbrechen sieht, die oberen Rostöffnungen nach und nach mit Mörtel verstopfen um das Eintreten von Luft direkt in den Gasraum und hiermit die Bedingungen zu Explosionen zu vermeiden.

In keinem Falle darf man den obern Teil des Rostes völlig von glühenden Kohlen sich entblössen lassen, denn man muss das Eindringen von atmosphärischer Luft in den Generator auf jedem andern Wege, als durch den glühenden Kohlenhaufen, verhindern; ist aber einmal aus Nachlässigkeit des Heizers die Brennstoffsäule soweit gesunken, dass die obersten Partien des Rostes frei liegen, so würde man nichts eiligeres zu thun haben, als die Gasventile zu schliessen und die offenen Stellen des Rostes mit Mörtel zu verstopfen.

Die Anwesenheit kleiner Mengen unveränderter Luft in dem Generator verrät sich durch schwache Detonationen, welche in dem Masse, wie das Luftvolum sich vergrössert, zahlreicher und heftiger werden.

Aehnliche Zufälle können sich ereignen, wenn infolge einer grossen Nachlässigkeit seitens des Schürers der Rost durch Schlacken und Koksbrocken so stark verstopft ist, dass die Luft unverändert durch diese glühenden Schlacken streicht.

Die nur lose in ihren Zargen liegenden Schlussdeckel der Fülltrichter und Einsteigeöffnungen, welche der Expansion des explodierenden Gases sofort nachgeben, sind die wirksamsten Präservative gegen etwaige zerstörende Wirkungen solcher Explosionen und haben diese bei dem heutigen Stande der Gasfeuerung ihre frühere Bedeutung als schwer wiegende Uebelstände gänzlich verloren.

Die Nebenöfen.

Ausser den Schmelzöfen macht man in der Glasfabrikation von verschiedenen Nebenöfen Gebrauch, die teils zur Vorbereitung der Rohmaterialien, wie zum Brennen des Thons, zum Erhitzen des Sandes, zum Kalcinieren und Fritten des Glassatzes, teils zum Anwärmen, zum Kühlen und Strecken des geblasenen Glases, teils endlich zum Trocknen des Holzes oder Torfs dienen, und je nach ihrer Bestimmung Temperöfen, Frittöfen, Darröfen, Kalcinieröfen, Strecköfen und Kühlöfen genannt werden.

Zuweilen werden diese Oefen dem Schmelzofen, von welchem sie durch Lünetten oder Füchse ihre Wärme empfangen, angebaut, zuweilen sind sie auch davon getrennt; im letztern Falle haben sie ihre eigene Feuerung und ihren eigenen Herd. Alle diese Oefen können, mit Ausnahme ihres Herdes, und solcher, in welchen eine, die Rotglühhitze

übersteigende Wärme hevorgebracht werden soll, aus gewöhnlichen roten Backsteinen gebaut werden.

a) Der Hafenbrennofen. Diese Oefen wurden früher auf den vier Ecken des Schmelzofens angebracht, jetzt stehen sie isoliert. Im erstern Falle empfingen sie ihre Wärme vom Schmelzofen durch eine Lünette, welche etwas über den Häfen ihren Ausgang nahm. In dem letztern Falle sind sie gewöhnlich aussen an das Gebäude gegen die Umfassungsmauer des Hüttengebäudes angebaut, um in diesem selbst den zu freier Bewegung nötigen Raum zu gewinnen; ihr Eingang befindet sich im Hüttengebäude, nicht weit vom Schürloch des Schmelzofens.

Die freistehenden Oefen sind im Innern rund, oval oder viereckig und mit einem halbkugelförmigen, besser einem möglichst flachen, Gewölbe überspannt. Die obere Sohle ist über dem Gewölbe eines weiten, unter dem Ofen durchgehenden und mit diesem durch 4 Füchse in Verbindung stehenden Herdes angebracht; oder es liegt der letztere als Vorfeuer an einer Seite vor dem Ofen.

Früher liess man den abziehenden Rauch auch dieser Oefen frei in das Hüttengebäude eintreten, heute aber sind sie allgemein mit einer Esse verbunden, welcher die Abhitze durch einen Kanal zugeführt wird, der jene durch eine Anzahl Füchse in einer Weise aufnimmt, welche die Flamme den Ofen recht gleichmässig zu durchziehen nötigt.

Die Zahl dieser Nebenöfen richtet sich nach der der Häfen, die der Schmelzofen enthält, sowie nach der Menge derselben, die man auf einmal anwärmen will. Man muss sich so einrichten, in zwei oder drei Nebenöfen die Gesamtzahl der Häfen gleichzeitig anwärmen zu können, und ausserdem noch kleine Oefen für zwei oder drei Häfen zur Disposition haben, um niemals in die Lage zu kommen, wegen eines einzigen auszuwechselnden Hafens, das für vier oder mehr Häfen notwendige Brennmaterial aufwenden zu müssen.

Im Innern muss der Ofen so hoch sein, dass ein Mensch darin niederknien kann. Die Füchse müssen so angebracht sein, dass sich die Flamme nicht direkt auf die im Ofen befindlichen Häfen werfen kann, zu welchem Zwecke man die Seite der Häfen durch eine kleine Mauer schützt.

b) Der Frittofen. Früher erhitzte man, um die Schmelzung zu beschleunigen, den Glassatz, bevor man ihn in die Häfen brachte, in einem Nebenofen bis zum Zusammensintern der Masse; eine Gewohnheit, die hin und wieder noch besteht und niemals aufgegeben werden sollte, da durch das Fritten die Wärmeleitungsfähigkeit bedeutend zunimmt, was eine wesentliche Ersparnis an Brennmaterial zur Folge hat. Die Frittöfen werden stets an den Schmelzofen angebaut, und sind ausserdem den vorstehend beschriebenen Häfenbrennöfen in allem ähnlich.

c) Trockenöfen für Holz und Torf. Damit diese Brennstoffe den grösstmöglichen Nutzeffekt gewähren, muss man sie künstlich austrocknen; denn selbst dass an der Luft getrocknete Holz enthält immer noch gegen 20 Prozent und der ebenso getrocknete Torf beinahe 30 Prozent Wasser.

Die Methoden des Trocknens sind auf den Glashütten ausserordentlich verschieden. Die einen haben in einer gewissen Höhe über der Kappe des Ofens, wenn dieser nicht mit einem Schornsteine überbaut ist, Gerüste von eisernen Stangen in Gestalt eines Rostes, die anderen über den Oefen Kästen von Eisenblech angebracht, die, gehörig beschickt, die für den Schmelzofen nötige Menge trockenen Brennmaterials liefern; zuweilen bedient man sich der Nebenöfen selbst als einer Art Trockenkammer, oder die Holzhaufen sind in dem Hüttengebäude 2 m hoch an der Umfassungsmauer aufgeschichtet. Eine Einrichtung wie die folgende hat stets die befriedigendsten Resultate geliefert. Dieselbe besteht aus einem 15 m langen und, je nach der Länge der Scheite des zu trocknenden Holzes, einem etwa 1,5 m breiten und 1,88 m hohen überwölbten Gange, der am Ein- und Ausgange mit einer Thür, und auf dem Gewölbe, nahe beim Eingange mit einem kleinen Schornsteine versehen ist; zwei auf dem Boden des Kanals befestigte Schienen dienen 13 Waggons, jeder zu 1,88 m Länge, als Geleise, auf welchen diese rollen.

Am Ausgang des Kanals und unter demselben befindet sich ein kleiner Feuerherd von 1 m Länge und 0,34 m Breite, auf dessen Rost man beständig ein schwaches Feuer unterhält. Durch kleine Füchse von 0,05 qm Querschnitt, die aus kleinen etwa 3 m lang beiderseits unter der Sohle des Kanals hinlaufenden und mit dem Herde in Verbindung stehenden Zügen in den Raum einmünden, dringt die Wärme in den letzteren.

Nachdem man den ersten auf der Eisenbahn stehenden Wagen mittels einer über dem Herd befindlichen Winde in den Trockenraum eingeführt hat, hängt man einen zweiten Wagen an, den man dann nach einiger Zeit einen dritten, vierten u. s. w. folgen lässt, bis schliesslich der erste an der Herdseite den Kanal wieder verlässt, um zunächst entladen und dann abermals beladen nunmehr als letzter der Wagenreihe wieder angehängt zu werden. Das grüne Holz gelangt also zuerst in den weniger heissen Teil der gewölbten Kammer und kommt, nachdem es dieselbe allmählich ihrer ganzen Länge nach durchlaufen, vollkommen getrocknet heraus, ohne eine beginnende Verkohlung erlitten zu haben.

Harte Hölzer bedürfen einer längeren Zeit zum Trocknen, als weiche, und man muss sie, damit sie leichter verbrennen, feiner spalten lassen.

Zur Befeuerung des Herdes kann Torf oder irgend ein anderes geringwertiges Brennmaterial dienen, falls dasselbe, selbst ohne Flammenbildung, nur die geringe erforderliche Temperatur erzeugt.

d) Kalcinieröfen zum Brennen der Schmelzmaterialien, der Schamotte u. s. w., sind schon früher am geeigneten Orte besprochen worden.

e) Strecköfen zum Strecken des geblasenen Fenster- und Spiegelglases, sowie Kühlöfen zum Kühlen der fertigen Produkte. Die Konstruktion derselben werden wir bei der Besprechung der Fabrikation der einzelnen Artikel eingehender kennen lernen.

Siebentes Kapitel.

Die bei der Fabrikation des Glases vorkommenden Arbeiten.

I. Das Anheizen des Ofens.

Nachdem wir uns bisher mit den zur Darstellung des Glases nötigen Materialien und Apparaten beschäftigt haben, bleibt uns noch übrig von deren Verwendung zu sprechen.

Die Anfertigung des Glases umfasst das Schmelzen, Blasen oder Formen und Abkühlen desselben.

Indem wir die verschiedenen Manipulationen, denen das Glas unterworfen wird, ehe es in den Handel gebracht wird, beschreiben, nehmen wir an, dass die Fabrikation in einem neu gebauten Ofen beginne, d. h. zu Anfang einer, die Dauer des Ofens von seinem Anheizen bis zu seinem Ende umfassenden Kampagne.

Nachdem der Ofen aufgebaut und innen abgeglichen und gereinigt ist, legt man, zunächst einen Ofen mit direkter Feuerung vorausgesetzt, den Rost und verstopft ihn von dem Aschenfall aus dicht mit Strohlehm. Ist dies geschehen, so macht man an dem Eingange jedes Herdes ein ganz schwaches Holz-, Torf- oder Steinkohlenfeuer, ein sogenanntes Schmokfeuer an. Dieses Feuer hat lediglich den Zweck das Innere des Ofens langsam zu trocknen, und es würde mit grosser Gefahr für denselben verbunden sein, wenn man es zu lebhaft werden liesse. Da hier eine unvollkommene Verbrennung stattfindet, so füllt sich der Ofen mit Rauch und seine Wände werden anfangs, infolge des Ausschwitzens des im angewendeten Mörtel enthaltenen Wassers, und des in dem Brennmaterial selbst enthaltenen, nass; diese allmählich erst wieder verschwindende Feuchtigkeit kann den Häfen, die man vielleicht in den Ofen eingesetzt hat, um sie mit diesem zugleich zu trocknen, leicht gefährlich werden. Man thut daher gut, in einem solchen Falle jeden Hafen auf drei Stückchen Backsteine zu stellen, damit er nicht unmittelbar den Boden berühren und von der Wärme allseitig umspült werden könne. Wenn der Ofen sehr vorsichtig und

ganz allmählich erhitzt worden ist, so gelingt die Operation; im ent gegengesetzten Falle finden sich einer oder mehrere gesprungene Häfen. Da diese Methode des Einsetzens des Hafens keine Bürgschaft des Gelingens darbietet, indem die sehr nasse und gegen diejenige der Ofensteine weniger poröse Thonmasse der Häfen, die Feuchtigkeit hartnäckig zurückhält, da sich ferner in die Häfen hierbei Flugasche in nicht unbedeutender Menge einlegt, welche, wenigstens bei der beabsichtigten Produktion besserer Glassorten, die Qualität der letzteren beeinträchtigen würde, so ist sie auch im allgemeinen nicht zu empfehlen.

Nachdem man das Schmokfeuer sechs Tage und Nächte unterhalten hat, macht man es nach und nach stärker, wobei man bis gegen die Mitte des Ofens vorschreitet, jedoch ohne den Rost zu lüften. Wenn gegen den zwölften Tag die Temperatur des Ofens auf etwa 100° C. gestiegen ist, macht man, um das Feuer etwas anzufachen, ganz in der Nähe der Schürlöcher, einige kleine Oeffnungen in die Bedeckung des Rostes; am dreizehnten Tage öffnet man eine grössere Fläche des Rosts, und wenn es dann hierauf bis zur anfangenden Rotglühhitze gekommen ist, kann man ohne Gefahr die ganze Rostfläche entblössen; man setzt die Thüren vor und vermehrt allmählich die Hitze bis zur hellen Rotglut.

Das Anheizen eines neuen Schmelzofens bildet immer ein Ereignis für das Fabrikpersonal und man mag, wenn namentlich keine Reserveöfen vorhanden, sich die Ungeduld vorstellen, die sich der Arbeiter nach einer kürzern oder längern Unthätigkeit bemächtigt. Jeder erwartet mit Sehnsucht den Tag, an welchen die Häfen in den Ofen gebracht werden sollen, und jeder treibt und drängt den Schürer, in der Hoffnung einige Tage zu gewinnen, stärker zu feuern. Man darf sich jedoch von diesem an sich lobenswerten, für die Dauerhaftigkeit des Ofens jedoch wenig vorteilhaften Drängen nicht abhalten lassen, den Ofen nur ganz allmählich zum Hellrotglühen zu bringen, und diese Temperatur noch mehrere Tage zu unterhalten, damit auch die Ofensteine dieselbe Temperatur annehmen und die Häfen erst dann einzusetzen, wenn der Ofen gut vorgeheizt ist.

Gasschmelzöfen, welchen die Schürgrube fehlt, werden von zwei an gegenüberliegenden Seiten vorgelegten Vorwärmöfen aus angetempert. Die Füchse dieser Vorwärmer führt man zweckmässigerweise nicht, wie vielfach geschieht, durch die Glastaschen, sondern durch die Hafenthore in den Ofen, da im ersteren Falle die Gas- und Luftschlitze leicht Schaden leiden. Im übrigen verfährt man ganz in der oben beschriebenen Weise, richtet sich aber so ein, dass nicht vor der vierten Woche der Oberofen sowie die obersten Teile der Regeneratoren oder Lufterhitzer völlige Rotglut zeigen. Arbeitslöcher, Gas- und Luftventile sind gut geschlossen; der Essenschieber hingegen wird gleich von Anfang an um ein geringes, etwa 1 bis 2 cm gelüftet und fernerhin allmählich immer mehr, so dass man gegen das Ende des Temperns ein flottes Feuer bei gutem Zuge im Ofen hat. Jetzt ist auch der Augenblick gekommen, in welchem man die Heizung mit Gas aufnimmt, wie dass bereits gelegentlich der Besprechung des Generatorbetriebes besprochen ist.

Während des Temperns behalte man die Verankerung des Ofens im Auge. Schamottesteine ziehen sich, wie früher bemerkt, mit stei-

gender Temperatur nicht unbedeutend zusammen, wenn sie nicht mit Quarz gemagert sind, und es sind daher die Ankerschrauben rechtzeitig nachzuziehen. Bei Dinassteinen hingegen findet regelmässig eine beträchtliche Ausdehnung statt, welche, namentlich bei flachen gewölbten Kappen, wohl zu einer vorsichtigen Lüftung der Ankerschrauben nötigt, will man sich nicht der Gefahr eines Bruches an irgend einem Teile der Verankerung, insbesondere wenn diese von Gusseisen hergestellt wurde, aussetzen.

2. Das Tempern oder Aufwärmen der Häfen.

Während der Schmelzofen angeheizt wird, bringt man die Häfen in die zuvor verputzten und zur Aufnahme vorbereiteten Temperöfen. Jeden Hafen stellt man auf drei Backsteinstücke, doch so, dass keiner den andern berühre, und in einen andern dieser Oefen ebensoviel Ringe, als man Häfen einzusetzen beabsichtigt. Nachdem hierauf die Eingänge zu den Oefen mittels Vorsatzplatten verschlossen worden sind, zündet man ein schwaches Feuer an, oder öffnet auch wohl den Schieber des Zugs ein wenig, falls man die Häfen in einem dem Schmelzofen angebauten Vorofen aufwärmt.

Da man beim Beginn einer Kampagne nicht gedrängt wird, die Häfen bis zu einer im voraus festgesetzten Stunde genügend zu erhitzen, so unterhält man das schwache Feuer etwa 12 Stunden lang und verstärkt es erst alsdann allmählich mit Vorsicht. Wenn nach 24 Stunden das Innere des Temperofens hellrot glüht, so darf man ohne Besorgnis die Hitze steigern, jedoch nicht in übertriebener Weise.

Nachdem auch die Häfen hellrot glühen, unterhält man diese Temperatur noch einige Stunden auf dieser Höhe, damit die Hitze die Wände durchdringe, und man annehmen darf, dass die Häfen genügend gebrannt seien.

3. Das Einsetzen der Häfen in den Schmelzofen.

Bei dieser Operation lässt man den Schmelzofen auf die Temperatur des Aufwärmofens sich abkühlen, bei Rostöfen durch Decken des Feuers, bei Gasöfen durch allmähliches Schliessen des Essenschiebers sowohl wie der Gas- und Luftventile. Man achte gleichzeitig aber darauf, dass bei der folgenden, zeitraubenden und umständlichen Arbeit des Hafensetzens die Temperatur des Schmelzofens nicht unter diejenige des Temperofens herabsinke.

Je nach der Konstruktion des Schmelzofens bringt man die Häfen durch das Hafenthor, durch die Schürlöcher oder auch durch die Aufbrechlöcher in denselben.

Während man den einen oder andern dieser Eingänge zum Schmelzofen öffnet und einstweilen mit einem lose vorgelehnten Eisenschirme verstellt, auf dem Roste das Brennmaterial verteilt, und alle zum Einsetzen der Häfen notwendigen Werkzeuge in Bereitschaft hält, öffnet man auch den Temperofen und reinigt dessen Sohle von etwa auf der-

selben befindlichen Asche, Kohlen u. s. w. Nun übernimmt jeder der Arbeiter, mit seinem Instrumente versehen, die ihm bei dieser Operation obliegenden Funktionen.

Von jetzt an übernimmt der Fabrikherr, der erste Blaser, oder auch, wie es in Deutschland fast allgemein Brauch ist, der Hafenbauer das alleinige Kommando bei den folgenden Arbeiten, dem sich das sonstige Personal, welches ausserdem wenig mit dem Hafenbauer in Berührung kommt, ohne Widerrede bei völligem Schweigen zu fügen hat.

Während die Schürer den Hafen mit ihren Haken umlegen, schieben die Bläser die Hafenzange oder Hafengabel an den Temperofen. Die genannte Vorrichtung besteht entweder, wie **Fig. 170, Taf. XIX,** zeigt, aus einer mit zwei Rädern versehenen Achse, auf welcher eine starke eiserne Zange mit ihrem Scharnier gelagert ist, oder aus einem ebenfalls auf der Verbindungsachse zweier Räder befestigten, einerseits mit mehreren durchgesteckten, als Handhaben dienenden eisernen Stangen, anderseits mit einer starken eisernen Gabel ausgerüsteten hölzernen Hebebaume.

Nachdem sodann der Hafen auf der Sohle des Temperofens umgelegt, gereinigt und auf eine Beschädigung untersucht ist, führt man das Ende der eisernen Zange oder Gabel am Wagen mit aller Vorsicht in das Innere des Hafens, und hebt ihn so von der Sohle des Ofens auf, wobei man sich auf das andere, mit mehreren Querstangen versehene, Ende der Gabel stützt. Indem man nun den Wagen etwas rückwärts schiebt, gibt man ihm die Richtung gegen das Schürloch des Schmelzofens, durch welches man den Hafen in die Grube bringt, wo man ihn, nachdem man sich durch schwaches Anklopfen überzeugt hat, dass er nicht geborsten ist, auf den Bauch umlegt. Dass der Hafen unversehrt sei, erkennt man an dem hellen Tone, welchen er von sich gibt, wenn man an seinen Rand klopft. Nun schiebt man den Wagen zurück, legt quer vor das Schürloch einen runden eisernen Stab, welcher einer grossen eisernen Stange als Stützpunkt dient, führt das flache Ende dieser letzteren unter den Bauch des Hafens, richtet ihn nach oben, indem man gleichzeitig mit Haken und Stangen von den Arbeitslöchern aus nachhilft, bringt die eiserne Gabel unter den Boden des Hafens und hebt ihn bis zur Höhe der Bänke.

Zwei Arbeiter führen durch die beiden Arbeitsöffnungen auf jeder Seite des Ofens, denen sich der aufgerichtete Hafen eben gegenüber befindet, eiserne Haken ein, vermittelst welcher sie den Hafen an seinem Rande erfassen; der eine, durch zwei andere unterstützt, zieht ihn auf die Bank, während der andere den Hafen im Gleichgewicht erhält. Sobald der Hafen mit einem Teil seines Bodens auf der Bank des Schmelzofens steht, lassen ihn die Arbeiter, welche die Gabel dirigieren, von dieser ganz auf die Bank gleiten, während jene ihn gleichzeitig gegen die Arbeitsöffnung hinziehen, wobei sie ihm vor dieser die richtige Stellung geben; vorher wird die Stelle, die der Hafen einnehmen soll, mit grober Schamotte bestreut.

Nachdem der erste Hafen eingebracht ist, wiederholt man dieselben Operationen auch für alle folgenden, wobei man das Feuer in dem Temperofen nicht abgehen lässt. Das Einbringen von 10 Häfen dauert im ganzen 30 bis 40 Minuten; jedes Individuum hat hierbei seine bestimmte

Arbeit, und die ganze Operation wird unter dem grössten Stillschweigen ausgeführt, damit das Kommando von jedermann gehört und mit Pünktlichkeit vollzogen werden könne.

Wenn man die Häfen durch eine Thür, über dem Schürlochgewölbe oder, wie dies bei Kristall- und Spiegelglasöfen gewöhnlich, bei Gasschmelzöfen immer der Fall ist, durch die Hafenthore im Niveau der Bänke einsetzt, so legt man sie im Temperofen nicht um, sondern führt die fahrbare Zange ein, fasst sie in aufrechter Stellung mit derselben, führt sie direkt in den Schmelzofen ein, setzt sie auf der Bank, resp. auf der Sohle desselben ab und schiebt sie an ihren Ort.

Wenn ein alter Hafen durch einen neuen ersetzt werden soll, so muss man ihn gegen das Ende des Läuterns, und vor dem Beginn des Kaltschürens vorsichtig vom Boden ablösen. Zu Ende bricht man die entsprechende Aufbrechöffnung auf und führt zwischen den Boden des Hafens und die Bank das zugeschärfte Ende einer eisernen Stange, drückt das andere Ende dieses Hebels allmählich nieder, bis sich der Hafen von den Bänken, auf welche er von dem übergeflossenen Glase festgehalten wurde, ablöst. Nachdem man unter den Boden ein kleines Stück Backstein gebracht hat, überlässt man ihn, bis nach dem Ausarbeiten des Glases, sich selbst, worauf er sich ohne Schwierigkeit ablösen und herausnehmen lässt. Das Herausbringen der alten Häfen würde kaum möglich sein, wenn man dasselbe nicht in der oben beschriebenen Weise vorbereitet hätte; denn das auf die Bänke ausgeflossene und erkaltete Glas würde die Häfen auf den Bänken so festhalten, dass man eher Stücke von diesen, als den Hafen von ihnen abbrechen würde.

Um das Anhaften der Häfen auf den Bänken zu verringern, thut man wohl, die letzteren mit einer dünnen Schicht grober Schamotte, Quarz, gemahlenen Koks oder Knochenasche zu bestreuen; hierdurch werden die Bänke sehr geschont, die infolge ihres Schwindens eintretende Bewegung der Häfen wird erleichtert und die Beschädigung ihrer Schnauzen an den Arbeitsöffnungen verhütet.

Während der Entfernung der alten Häfen hat man die Bänke und die Kanten der Grube oder die Brücke sorgfältig mit einem Mörtel auszubessern, der aus einer Masse von der Zusammensetzung der Banksteine besteht. Zu diesem Behufe bildet man aus der Masse Kugeln von der Grösse der auszufüllenden Vertiefungen, und bringt sie mittels eines langen eisernen Spatels durch die Arbeitsöffnungen oder die Schürlöcher schnell nacheinander an die beschädigten Stellen, während ein Arbeiter sie andrückt und ausbreitet, indem er mit dem eisernen Spatel darauf schlägt, damit die Thonmasse die passende Form annehme, ehe sie durch die Wärme ihre Plastizität verloren hat. Durch solche sorgfältige Ausbesserung der Bänke kann man die Dauer der Kampagne oft um mehrere Monate verlängern.

Gleich nach dem Einsetzen und dem Arrangement der Häfen auf den für sie bestimmten Plätzen, verschliesst man den Ofen, indem man den Verschluss des Schürlochgewölbes resp. der Hafenthore wieder herstellt, die Vorsetzsteine einsetzt und die Thonstopfen in die Oeffnungen der Vorsetzsteine und der Pfeifenlöcher steckt; man lässt nun den Ofen, welcher sich während des Einsetzens der Häfen stark abgekühlt hat, sich wieder erholen.

4. Das Schmelzen des Glases.

Das Wiederanheizen des Ofens. Sobald der Ofen die während des Einsetzens der Häfen verlorene Wärme wieder angenommen hat, begeben sich die Schürer und Schmelzer in den Kanal, reinigen den Rost von Schlacken und Schmutz und dem an den Seitenwänden der Grube herabgeflossenen Glase. Währenddem entfernen die Bläser und Jungen die zum Ausarbeiten und Einsetzen der Häfen gebrauchten Werkzeuge, reinigen ihre Arbeitsplätze und verschliessen dieselben mittels der Fallthüren.

Gewöhnlich dauert das Wiederanheizen des Ofens von der Beendigung der Arbeit bis zur Beschickung der Häfen mit dem Glasgemenge anderthalb Stunden; es muss aber drei Stunden lang fortgesetzt werden, wenn ein vollständiges Einsetzen der Häfen stattgefunden hat; übrigens richtet sich die hierzu erforderliche Zeit nach der grösseren oder geringeren Abkühlung, die der Ofen erlitten hat und selbstverständlich auch nach der Grösse des Ofens selbst. Diese Zeit ist jedoch keineswegs für die folgende Schmelzung verloren, weil die in einen schlecht geheizten Ofen eingebrachten kalten Materialien die Schmelze beträchtlich verzögern würden. Aus diesem Grunde geht man in neuerer Zeit mit dem Wiederanheizen des Ofens viel weiter und sieht dasselbe nicht eher als beendet an, bis die Glut soweit gestiegen, dass man beim Oeffnen der Arbeitslöcher momentan die Häfen nicht zu unterscheiden vermag. Hierzu sind bei neuen grossen Oefen oft 24 Stunden erforderlich. Das Heizen eines neuen Ofens dauert offenbar länger, weil hier die Wärme in die Steine und Wände nicht ebenso schnell eindringt, als bei einem in gutem Gange befindlichen Ofen.

5. Das Eintragen der Materialien.

Das Eintragen findet gleichzeitig von zwei Seiten des Ofens statt, nachdem derselbe wieder angeheizt worden ist; zu dieser Operation stellt man vor je zwei gegenüberliegende Arbeitsöffnungen einen kleinen eisernen Bock, auf welchem die eisernen Stiele der Eintragskellen auf- und abgleiten. Letztere sind längliche, oben und vorn offene Büchsen von Eisenblech, die an einen langen eisernen Stiel angenietet sind.

Man bedient sich ihrer als Schaufel, füllt sie mit dem Satz und führt sie durch die Arbeitsöffnung horizontal in den Ofen bis über die Mitte des Hafens, in welchen man sie ausleert, indem man sie eine halbe Umdrehung machen lässt. Alte Häfen werden bis an den Rand mit dem Satze angefüllt, neue müssen erst verglast werden. Dies geschieht, indem man, wenn der Ofen Weissglühhitze erreicht hat, in die zum Schmelzen von Grünglas und halbweissem Glase bestimmten Häfen einige Schaufeln voll Brocken gewöhnlichen Scheibenglases, und in die für weisses und Milchglas bestimmten eine gleiche Menge von Brocken weisser dünner Scheiben wirft. Wenn nach Verlauf einiger Stunden das Glas geschmolzen ist, so fasst man dasselbe mit dem grössten eisernen Löffel und verteilt es ringsum und überall an den Wandungen

des Hafens; in Ermangelung von Glasbrocken schmelzt man eine kleine Menge des Satzes und verfährt alsdann wie oben angegeben, doch sind jene für diese Operation unbedingt vorzuziehen. Das Verglasen ist um so nützlicher, als man dadurch die Häfen auf den Wandungen mit einer Art, durch Aufnahme von Thon schwer schmelzbar gewordener, Glasur überzieht, welche die zerstörende Einwirkung der Schmelzmittel des Gemenges auf jene, sowie Verunreinigung des Glases durch die Thonerde der Häfen, verhütet.

6. Die Pflichten des Schmelzers.

Mit dem Schmelzer ergeht es den Glashütten, wie andern Fabriken in der Regel mit den sogenannten Werkführern, d. h. man hält diesen wie jenen für unentbehrlich; leider sind sie es auch noch allzuhäufig; man darf aber wohl noch hinzusetzen, dass sie kaum weniger oft auch von Uebel sind. Hier wie dort reicht in der Regel die Bildung dieser Leute über eine grössere oder geringere technische Fertigkeit in der Ausführung der einzelnen Operationen nicht hinaus, von dem Verlauf eines chemischen Prozesses, wie die verschiedenen Substanzen unter verschiedenen Umständen verschieden aufeinander einwirken, davon haben sie entweder gar keinen oder doch nur einen sehr unvollkommenen Begriff. Schlimmer noch sind die zahlreichen Vorurteile, in denen sie rücksichtlich ihres Betriebes befangen sind, die es dem Dirigenten einer Hütte erschweren, rationellere, bessere Methoden einzuführen, welche jene ihrerseits aus allen Kräften zu verhindern suchen, aus Furcht, dadurch vielleicht sich entbehrlich gemacht zu sehen, und womit sie schliesslich das ganze Arbeitspersonal anstecken. Man sollte ihnen daher niemals auf Dinge einen Einfluss gestatten, für die sie im Grunde nicht berufen sind und von welchen sie keine Kenntnis haben können. Wie sollte auch wohl der Schmelzer angeben können, durch wieviel Kalk ein bestimmtes Gewicht Soda oder Pottasche, Baryt, Magnesia u. s. w. zu ersetzen sei? In allen solchen und ähnlichen Fällen muss der Unternehmer selbst eintreten können, denn er hat ja in dieser Beziehung von seinem Schmelzer nichts zu erwarten. Man mag immerhin einen Mann anstellen, dessen Hauptaufgabe in der Leitung des Schmelzprozesses besteht; allein gleichzeitig sollte man sich unter den übrigen Arbeitern den einen und andern, je nachdem man sie auf ihre Fähigkeit, Zuverlässigkeit und Umsicht kennen gelernt hat, aussuchen, um sie in dem Geschäft des Schmelzens allmählich anzulernen, wodurch man sich in der Regel ein in jeder Beziehung willigeres Personal verschafft.

Durch die grosse Masse des gleichzeitig in alle Häfen eingetragenen Glassatzes — was jedoch immer erst dann geschehen darf, nachdem die Häfen in richtiger Weissglut stehen — wird der Ofen ungemein abgekühlt, der Schmelzer muss sich daher beeilen das Feuer, soviel an ihm liegt, wieder zu beleben, was einfach dadurch geschieht, dass er die Roste regelmässig mit Brennmaterial speist. Die jedesmal aufzugebenden Mengen desselben, sowie die Zwischenräume, innerhalb welcher die Beschickung des Rostes zu erfolgen hat, werden durch die Natur des Brennmaterials bedingt. Der geübte Schmelzer wird hiernach das

richtige Mass in der Beschickung zu finden wissen. Das Wesentlichste für ihn muss sein, eine passende Höhe der Brennstoffschicht auf dem Rost zu unterhalten, auch wohl den Rosten selbst mehr Luft zu geben, um eine möglichst vollständige Verbrennung zu erreichen. Ein Blick bei einem Umgange um den Ofen auf die aus den Oeffnungen schlagende Flamme wird ihm zeigen, was er mit Rücksicht auf die Verbrennung zu thun hat. Indem er öfter den Rost von Schlacken befreit, die Zugröhren in der Grube, wenn solche vorhanden, öffnet, oder selbst die Thüren am Herde solange klaffen lässt, bis er eine weisse Flamme erscheinen sieht, hat er alle Mittel an der Hand, die nötige Luft zu geben. An dem Aussehen der Asche in dem Kanal erkennt er leicht, ob die Verbrennung einen guten Gang nimmt. Die vollständige Verbrennung liefert eine feine von Kohlenteilchen freie Asche; die Anwesenheit von Koks zeigt, dass die Beschickung mit Brennmaterial zu reichlich, oder dass, wenn trockne Steinkohle verbrennt wurde, die Rostöffnungen zu weit waren.

Der Schmelzer muss den im Rückstande befindlichen Hafen zu beleben, und den zu weit vorgeschrittenen aufzuhalten verstehen, denn nichts ist für ihn wichtiger, als in allen Häfen zugleich den Schmelzprozess zum guten Ende zu führen, indem er darauf zu achten hat, dass der zurückgebliebene Hafen, bevor zu einer zweiten Beschickung geschritten werden kann, genau denselben Hitzegrad angenommen habe, wie der am meisten vorgeschrittene.

Ganz besonders muss der Schmelzer der Entstehung von Oeffnungen in der Brennstoffschicht zuvorkommen, damit nicht etwa ein kalter Luftstrom durch den Rost in den Schmelzraum dringe und hier einen der Häfen treffe, welcher infolge der Zusammenziehung, die er durch einen plötzlichen Temperaturwechsel erleidet, bersten, und durch den Druck, den die flüssige Glasmasse auf seine Wandungen ausübt, auseinander fallen würde. Aus demselben Grunde muss er auch die Löcher für die Pfeifen sorgfältig verschliessen; überhaupt muss der Schmelzer alles thun, um die mancherlei Unfälle, von denen die Häfen bedroht sind, zu verhüten, und die vollständigste, gleichzeitige Schmelzung in allen Häfen zu erreichen.

7. Das Fritten.

Ueber die Zweckmässigkeit des Frittens sind die Ansichten geteilt; während manche Praktiker behaupten, dass diese Operation gar keine Vorteile gewähre und selbst nachteilig werden könne, wenn sie bei einer zu hohen Temperatur ausgeführt worden sei, weil eine zu stark erhitzte Fritte kein klares Glas liefere, halten andere, namentlich mit Rücksicht auf Brennmaterial- und Zeitersparnis, das Fritten für äusserst vorteilhaft; selbst auf die Verflüchtigung von Alkali, die dadurch beschränkt wird, ist es nicht ohne Einfluss. Es ist auch in der That nicht nur sehr denkbar, sondern, vom chemischen Standpunkte aus, sehr erklärlich, dass durch ein vorausgegangenes Fritten, welches eben bei einer nicht so hohen Temperatur vorgenommen wird, dass das Glas zum völligen Schmelzen käme, der chemische Prozess der Glasbildung eingeleitet worden ist, und daher die Masse, wenn sie in den weiss-

glühenden Ofen gebracht wird, schneller schmilzt, d. h. die Verbindung der Alkalien mit der Kieselsäure früher erfolgt, also erstere auch weniger Zeit und Gelegenheit haben sich zu verflüchtigen. Stein führt mehrere bestimmte Fälle auf, in denen durch das Fritten eine wesentliche Ersparnis an Brennmaterial erzielt worden war. So betrug bei der nicht gefritteten Masse der Verbrauch an Kohle 4 kg auf 1 kg Glas; da wo man denselben Satz gefrittet hatte, auf dieselbe Menge Glas nur 2,6 kg.

Der, wie breits erwähnt, gegen das Fritten erhobene Einwand, dass dasselbe das Blankwerden des Glases erschwere, erscheint allerdings nicht unbegründet; denn soll dasselbe sich nicht nur auf ein Austrocknen des Gemenges beschränken, sondern vielmehr in der angedeuteten Weise die Glasbildung, d. h. die Verbindung der Kieselsäure mit dem kohlensauren Kalke resp. den kohlensauren und schwefelsauren Alkalien wirklich einleiten, so wird während desselben auch schon ein mehr oder weniger beträchtlicher Anteil der im Gemenge enthaltenen Kohlensäure und der aus der Wechselwirkung von Schwefelsäure und Kohle sich bildenden schwefligen Säure und des Kohlenoxydgases entweichen, beim späteren Einschmelzen arbeitet das Glas infolgedessen zu wenig und es resultiert schliesslich ein mit Blasen oder Gispen reichlich durchsetztes, rampiges Produkt.

In England ist das Fritten noch ziemlich allgemein in Gebrauch, während man es in Frankreich nur noch in den Champagnerflaschen-Fabriken von Rive-de-Gier beibehalten und in Deutschland wohl ziemlich allgemein aufgegeben hat. Trotzdem haben neuerdings Ch. Blas und C. André, ersterer Professor an der Universität Löwen und letzterer Direktor der Glashütten zu Marchienne au Pont, das Fritten als neuen und wichtigen Fortschritt in der Glasfabrikation für Belgien sich patentieren lassen.

8. Die Schmelzarbeit.

Anfangs bleiben die in den Häfen enthaltenen Materialien eine Zeitlang ohne Einwirkung aufeinander; in dem Masse, wie die Wärme von aussen nach innen eindringt, entwickeln sich Wasserdämpfe und verschiedene Gase, wie Kohlensäure, Kohlenoxydgas, schwefelige Säure, durch die ein Teil des Satzes mit fortgeführt wird, der sich im Ofen ablagert. Nach und nach sintern die leichter schmelzbaren Körper zusammen, werden flüssig und hüllen die schwerer schmelzbaren ein, den Gasen und Dämpfen den Austritt erschwerend, die jedoch fortfahren, sich mit hörbarem Geräusch zu entwickeln. In dieser Weise schreitet der Prozess von aussen nach innen vor, die flüssige Masse gerät in Aufwallen, eine Art Kochen, und die Verglasung geht alsdann ohne Unfall und unter günstigen Umständen von statten, während das noch ungeschmolzene Gemenge, einen spitzen Haufen bildend, auf der Oberfläche schwimmt. Anders ist es jedoch, wenn sich der Kern der Masse zu Boden setzt, schon zu Anfang verschwindet und das Schmelzen nur oberflächlich erfolgt. Die so gebildete Decke verhindert alsdann das Entweichen der Gase, die ihrerseits die Masse zum Aufsteigen und Ueberfliessen bringen, so die Bänke mit Herdglas überziehend. Da die geschmolzenen Salze leichter als die übrigen Körper obenauf schwimmen,

so ist es klar, dass gerade sie zumeist abfliessen und sich so der Vereinigung mit dem Sande, d. h. ihrer eigentlichen Bestimmung entziehen; falls kein Ueberfliessen eintritt, verflüchtigen sie sich zum Teil in den obern Schichten, während der spezifisch schwerere Sand zu Boden fällt; und hierdurch wird nicht nur das Schmelzen überhaupt erschwert, sondern oft sogar unmöglich. Von da an geht die Schmelzung von oben nach unten; von der Oberfläche genommene Proben zeigen dem Schmelzer ein reines Glas, der nun glaubt mit der zweiten Eintragung des Satzes vorschreiten zu dürfen.

Die Dauer der ersten Schmelze hängt von der grösseren oder geringeren Schmelzbarkeit des eingetragenen Satzes und von der dem Ofen erteilten Temperatur ab. Bei grossen Tafelglasöfen zu 8 bis 10 Häfen mit Zügen an den Arbeitsöffnungen und einem grossen Schornsteine, beträgt sie 10 bis 13 Stunden, in kleinern Oefen 6 bis 7 Stunden. Je grösser die Hitze gewesen und je besser sie durch Anwendung guter Brennmaterialien unterhalten worden ist, oder je nachdem die Bläser nach der Arbeit mehr oder weniger flüssiges Glas in den Häfen gelassen haben, um so mehr wird auch die erste Schmelzung beschleunigt.

Das von der vorhergehenden Schmelze in den Häfen gelassene flüssige Glas erleichtert und beschleunigt zwar die folgende, ganz zu verwerfen aber ist das hier und da angewendete und empfohlene Einlegen einiger Kilo Soda in die leeren Häfen, um durch diese, in Gemeinschaft mit einigen Kellen Bruchglas das Schmelzen vom Boden aus zu erleichtern. Allerdings wird man die Absicht wohl erreichen, aber nur auf Kosten der Hafenböden. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass das Glas nach und nach unrein wird, aus den Häfen und Ringen viel Thonerde aufnimmt, dadurch spezifisch schwer wird und sich zu Boden setzt. Ein solches Glas würde, wenn man es sich ansammeln liesse, notwendig viele Schlieren und beim Blasen viele Striche zeigen. In den besser geleiteten Glasfabriken lässt man daher nach der dritten Arbeit den Hafen bis auf den Grund ausschöpfen und das in Wasser abgeschreckte Glas durch eine gleiche Menge Glasabfälle ersetzen.

Wenn das lebhafte Aufwallen der flüssigen Masse nachlässt, so nähert sich die Schmelze ihrem Ende; man nimmt alsdann mit dem Hefteisen aus allen Häfen häufig Proben, und sieht gewöhnlich die erste Schmelze als beendet an, wenn das mit dem Hefteisen herausgenommene Glas zu einem langen Faden gezogen, eine vollständige, von Knoten, Sandkörnern und Blasen freie Verglasung zeigt.

Man sollte indessen in dieser Beziehung nicht zu ängstlich sein, denn da der zweite Eintrag das aus dem ersten erschmolzene Glas stets wieder blasig machen wird, ist es zwecklos, vor Einlegung desselben die Läuterung der ersten Schmelze zu weit zu treiben.

9. Die Glasgalle.

Die sogenannte Glasgalle ist ein Gemenge verschiedener Substanzen, welche bei der Schmelze nicht zersetzt wurden und daher mit der Kieselsäure keine Verbindung eingehen konnten, wie Kochsalz, Chlorkalium, schwefelsaures Kali, Natron, Kalk u. s. w. Zum Teil gehen

diese Substanzen in den Häfen zu Boden, grösstenteils aber obenauf, und bilden alsdann die eigentliche Glasgalle. Das spezifische Gewicht der Glasgalle ist stets geringer als das des Glases und selten grösser als 1,8 bis 2. Ihre Zusammensetzung muss, je nach den angewendeten Materialien, sehr verschieden sein, und ebenso verhält es sich auch mit der Menge, die bei einer Schmelze entsteht. Nur um eine Vorstellung von ihrer Zusammensetzung zu geben, teilen wir einige von Girardin angestellte Analysen von Glasgalle verschiedener Arten Glas mit.

	von Fensterglas	von weiss. Hohlgl.	von Bouteillengl.
Wasser aus der Luft aufgenommen	1,65	0,10	1,00
Schwefelsaures Natron	83,30	90,51	55,92
Schwefelsaurer Kalk	10,35	6,00	25,11
Kochsalz	1,43	0,04	0,20
Glas, Sand, Thon, phosphors. Kalk	3,35	3,30	17,77
	100,08	99,95	100,00

Wenn die Glasgalle in dem Glase eingeschlossen bleibt, so schadet sie seiner Durchsichtigkeit und Feinheit, indem sie sich mechanisch dem Glase beimengt und weisse Rampen, zuweilen auch weisse Flöckchen bildet oder zu einer bläulichen Trübung in demselben sich löst. Die meisten Glasfabrikanten schreiben der Glasgalle eine sehr zerstörende Einwirkung auf die Hafenwände zu, was sich jedoch aus ihrer Zusammensetzung nicht wohl einsehen lässt; es ist vielmehr das allerdings sehr gewöhnliche Angefressensein der Hafenwände in ihren oberen Partien auf die Wirkung der beim Beginn der Schmelze zunächst in Fluss geratenden Alkalien zurückzuführen.

Da die Abscheidung der Galle um so vollständiger vor sich geht, je dünnflüssiger das Glas ist, so hat der Schmelzer diesen Zustand durch Unterhaltung einer hohen Temperatur herbeizuführen. Die Glasgalle sammelt sich währenddem auf der Oberfläche, von wo sie zum Teil verdampft, grösstenteils aber abgeschöpft wird.

In früheren Zeiten, als man sich noch vielfach der, wie wir gesehen haben an Chloriden und Sulfaten oft überreichen, Rohsoda zum Glasschmelzen bediente, als man gleichzeitig die Möglichkeit, Sulfate durch teilweise Reduktion mit Kohle zur Glasbildung verwenden zu können noch nicht erkannt hatte, hatte der Schmelzer oft mit bedeutenden Mengen von Galle zu kämpfen, so zwar, dass man auf 100 kg bestes Glas 25 kg Galle rechnete. Bei den wenig hohen Temperaturen der damaligen Oefen, konnte aber eine völlige Ausscheidung solcher Massen von Galle nicht erfolgen und daher ein einfaches Abschöpfen zur Entfernung derselben nicht genügen. Unbewusst war man dann im Laufe der Zeit zu einer Verbesserungsmethode galligen Glases gelangt, indem man, wie ja auch heute noch hier und da üblich, die Schmelze mit einem Holze umrührte, welches, verkohlend, reduzierend auf die schwefelsauren Salze wirkte und sie somit zur Zerlegung durch die Kieselsäure geschickt machte. Trotzdem blieben aber nicht unbeträchtliche Mengen von Galle in dem Glase verteilt und man wusste derselben sich nur durch wiederholtes Ausschöpfen des immer aufs

neue umgeschmolzenen Glases in kaltes Wasser, welches die gallebildenden Salze löste, zu entledigen. Es ist hierauf schon bei Besprechung des früher häufig dargestellten sogenannten Schmelzglases in dem die Schmelzmaterialien behandelnden Abschnitte aufmerksam gemacht worden.

Aus den früher mitgeteilten Sodaanalysen geht hervor, dass auch bessere Sodasorten häufig grössere, zehn und mehr Prozent betragende, Mengen Sulfat enthalten. Aus diesem Grunde sollte man, um nicht durch reichliche Gallenbildung unangenehm überrascht zu werden, von der Zusammensetzung der zu verschmelzenden Soda stets durch chemische Untersuchung sich überzeugen und von dem ermittelten Sulfatgehalt etwa den achten Teil an Holzkohle dem Gemenge zusetzen.

Wenn nun die gebildete Galle ganz an die Oberfläche gekommen, nicht eher, und die herausgenommenen Glasproben in allen Häfen eine vollkommene Schmelzung zeigen, so schreitet man zur zweiten Beschickung, indem man die Häfen von neuem füllt. Obgleich beim erstenmal die Häfen ganz angefüllt waren, so entsteht doch infolge des Schmelzens ein beträchtlicher leerer Raum, weil das flüssige Glas ein kleineres Volum annimmt, als die Rohstoffe.

Die zweite Schmelze dauert nur 4 bis 6 Stunden, und der Schmelzer hat hierbei ganz dasselbe zu thun, wie bei der ersten; der zweiten Schmelze folgt eine dritte, zuweilen auch eine vierte, je nachdem die Häfen mehr oder weniger voll geworden sind. Da das Glas einer länger dauernden Reinigung „der Läuterung" unterworfen werden muss, während welcher dasselbe in einem fortwährenden Aufwallen begriffen ist, so zieht man es vor, die Häfen erst noch gegen das Ende des Läuterns mit Näbeln von der Pfeife oder dergl. ganz voll zu machen. Auf diese Weise hat man während des Blasens oder Umrührens kein Ueberfliessen auf die Bänke zu befürchten, eine Vorsicht, die viel zur Konservierung dieser und der Grube beiträgt.

Sobald der zuletzt eingetragene Anteil des Satzes geschmolzen ist, lässt der Schmelzer die Glasgalle auf die Oberfläche steigen, was er dadurch bewirkt, dass er durch Oeffnen der Klappe im grossen Schornstein und der Arbeitsöffnung den Ofen etwas abkühlt.

Wenn der Schmelzer bemerkt, dass sich viel Glasgalle erzeugt, so muss er sie mit dem eisernen Löffel abschöpfen, der hierzu vorher angewärmt und getrocknet wird, wie es auch jedesmal geschieht, wenn der durch Eintauchen in die Glasgalle glühend gewordene Löffel in kaltem Wasser abgeglüht wird. Wenn sich nur noch wenig Galle abscheidet, was man am besten erkennt, wenn man durch eine dunkelblaue Brille die glänzende Oberfläche des geschmolzenen Glases betrachtet, auf welcher die Galle dann in einzelnen dunkeln Flecken erscheint, die man durch etwas Kohlenstaub, den man auf das Glas streut, entfernen, „abbrennen" kann, wobei jedoch jedes Uebermass von Kohle sorgfältig zu vermeiden ist, so schreitet man zum Blasen oder Umrühren (Bilbern, Bülwern), eine Operation, die zum Zwecke hat eine innige Vermischung der verschiedenen Schichten Glas herbeizuführen, und die wir schon an einem andern Orte beschrieben haben.

Dieses Blasen, welches übrigens nur etwa $1/4$, höchstens $1/2$ Minute fortgesetzt wird, darf aber nie eher vorgenommen werden, bis keine

Spur von Galle mehr vorhanden ist, weil sonst das Glas wie mit weissen, opalisierenden Bläschen durchsetzt erscheint. Ebenso involviert das Vorhandensein von Galle beim Blasen, wie dies bereits a. a. Orte dargelegt wurde, die Gefahr einer Explosion durch die Berührung der ersteren mit der feuchten Kartoffel. Aus demselben Grunde darf auch beim Ausschöpfen nur ein ganz trockener Löffel verwendet, und es muss sorgfältig vermieden werden, die ausgeschöpfte Galle selbst mit feuchten Gefässen oder dem feuchten Boden in Berührung zu bringen. Wie man übrigens statt der Kartoffel zum Mischen des Glases hier und da Arsenik anwendet, ist gleichfalls am angegebenen Orte bereits erwähnt.

10. Das Läutern.

Das Läutern des Glases besteht in einer, mittels einer hohen und längere Zeit unterhaltenen Temperatur bewirkten, Reinigung, denn obgleich nach dem Zusammenschmelzen des Glasgemenges die auf der Oberfläche schwimmenden Unreinigkeiten sorgfältig abgeschöpft werden, so bleiben dennoch einzelne Teile zurück und in der Glasmasse schweben, auch erscheint in diesem Augenblick noch die ganze Masse durchsetzt mit zahlreichen Blasen. Damit diese sich nun vollständig auf die Oberfläche begeben, jene in den Häfen zu Boden sinken, sucht man das Glas so dünnflüssig wie möglich zu machen, und dies geschieht eben vermittelst der hohen Temperatur, die man dem Ofen während dieser Periode des Schmelzens, die darum auch das Heissschüren heisst, erteilt.

Der Schmelzer beginnt mit der vollständigen Reinigung und dem Klarmachen des Rosts, und erzeugt alsdann eine möglichst intensive Hitze, um das Glas in den Häfen in starke Wallungen zu versetzen.

Das zu Anfang des Läuterns hohe lebhafte Aufkochen des Glases wird gegen das Ende nach und nach schwächer. Wenn das Glas ruhig geworden ist und die gezogenen Proben das feine Glas zeigen, so gleicht der Schmelzer die Häfen mit den Abfällen von den Pfeifen aus, und zieht die an die Oberfläche gekommenen Unreinigkeiten mit einer kleinen aus Glas gefertigten Krücke ab, um die so vorbereiteten randvollen Häfen den Bläsern zu übergeben. Das Läutern dauert 4 bis 7 Stunden.

11. Das Kaltschüren.

Durch das Läutern hat das Glas eine grosse Dünnflüssigkeit erhalten und es muss nun, um die zum Ausarbeiten erforderliche Zähigkeit zu erlangen, zunächst auf eine niedrigere Temperatur gebracht werden. Dies wird durch das Kaltschüren erreicht, währenddessen man das Schüren einstellt und die Arbeitslöcher mehr oder weniger öffnet. Gleichzeitig wird hierbei erst das Glas vollkommen blank; denn obschon während des Läuterns der grösste Teil der eingeschlossenen Gase entfernt worden ist, so bleibt dennoch etwas davon zurück, und es entstehen infolge der beträchtlichen Ausdehnung der Gase in der Wärme mehr oder weniger grosse Blasen im Glase. Das durch das

Kaltschüren kälter, folglich auch steifer und zäher gewordene Glas nötigt seinerseits die in der Masse eingeschlossenen Gasblasen, die inzwischen auch von ihrer Expansion verloren haben, rasch an die Oberfläche zu treten, wo sie gewöhnlich bald zerplatzen, während feinere, zuerst wie Perlen in der Masse zerstreut erscheinende', fast immer von Alkalidämpfen herrührende, welche ihrerseits in der Periode des Heissschürens sich entwickelten, mehr und mehr sich zusammenziehend, allmählich verschwinden.

Anders verhält es sich, wenn sich der Sand zu Boden gesetzt hat, wenn Glasgalle in dem Glase verblieben ist, oder wenn während des Schmelzens der untere Teil der Häfen nicht heiss genug war, oder endlich, wenn der Satz einen Ueberschuss von Kalk oder Flussmitteln enthielt, oder wenn das Beschicken der Häfen zu früh vorgenommen worden war.

In allen den genannten Fällen konnte die Läuterung des Glases nicht regelmässig erfolgen. Während bei einer so fehlerhaften Schmelze die unteren Partien der Häfen kälter geblieben waren, als die oberen, kühlen sich während des Kaltschürens die letzteren mehr ab, als jene; es entsteht hierdurch eine aufsteigende Bewegung, infolge welcher das eingeschlossene Gas Blasen erzeugt, und die nicht geschmolzenen Körper Knoten, Schlieren, Wellen und dergl. bilden, die sämtlich dem Glase nachteilig sind.

Der Beginn des Kaltschürens ist der kritische Moment für die Häfen; alle diejenigen, die während der Schmelze von kalter Luft getroffen wurden und sich dieserhalb zusammengezogen haben, gehen auseinander und ergiessen ihren Inhalt in den Ofen.

12. Das Wenden der Häfen.

Zuweilen werden, aus irgend welcher Ursache, die Häfen schadhaft; die Löcher oder Ritze, die sich dann zeigen, können von zufällig in den Satz gekommenem metallischen Eisen, von durch Kohle reduziertem Metalle, von einem Fehler bei dem Bau der Häfen, einem später ausgebesserten Riss, von in dem Thone eingeschlossener Luft, von einem Stosse, von einem einseitigen Erhitzen oder endlich von einer plötzlichen Abkühlung herrühren.

Der Schmelzer erkennt einen solchen Zustand des einen oder andern Hafens aus dem Glase, welches sich durch den Rost ergiesst; er untersucht öfter den Stand des Glases in den Häfen, und derjenige, in welchem das Niveau gesunken, ist auch derjenige, der das Glas entlässt. In einem solchen Falle lässt der Schmelzer den Bläser des gefährdeten Hafens und den Jungen des betreffenden Arbeitsplatzes rufen. Währenddem öffnet er das Aufbrechloch und fängt an, den schadhaften Hafen auf die oben beschriebene Weise loszumachen, wobei er den Fehler zu entdecken sucht; findet er diesen im Boden, so gibt es kein Mittel zur Rettung, und der Hafen kann erst nach der Arbeit durch einen neuen ersetzt werden. Wenn der Hafen rund ist, und die fehlerhafte Stelle sich auf der, dem innern Ofen zugekehrten Seite befindet, so schreitet man zum Wenden, d. h. man dreht den Hafen auf seinem Platze solange um seine senkrechte Achse, dass sich das Loch dem Hafenthor

gegenüber befindet. Um denselben vollkommen gegen das Feuer abzusperren und der kühlenden Wirkung der Luft auszusetzen, bringt man rings um die beschädigte Stelle einen Ansatz von gewöhnlichem Thonbrei mit gehacktem Stroh an; ist das geschehen, so berührt man das ausfliessende Glas, so oft es nötig ist, mit einer in Wasser abgekühlten eisernen Stange, bis das Glas erstarrt und an seinem ferneren Ausfliessen verhindert wird.

13. Das Ausschöpfen des Glases.

Wenn der Verlust zu gross wird, und die angegebenen Mittel nicht ausreichen das Ausfliessen zu hemmen, so nimmt man seine Zuflucht zum Ausschöpfen des Glases, d. h. man verteilt dasselbe mittels des grossen eisernen Löffels auf die zunächst stehenden Häfen, sofern diese nicht schon voll genug sind, und bringt den Rest in einen Kübel mit Wasser; sollte der Erguss sehr stark sein, so beschleunigt man die Arbeit dadurch, dass man Jungen anstellt, die das Glas mittels ihrer Pfeifen aufnehmen und ins Wasser fallen lassen.

14. Vorbereitung des Rosts für die Verarbeitung.

Nach dem Kaltschüren, welches bei Tafel-, Kristall- und feinerem Hohlglase 2 bis 3 Stunden, und bei Spiegelglas 6 Stunden dauert, beginnt die Verarbeitung des Glases, und es darf alsdann nicht mehr geschürt werden, weil die Entstehung von Rauch und Flugasche beim Eintragen des Brennmaterials unvermeidlich ist, dadurch aber die Arbeit gestört und die Oberfläche der Gegenstände verunreinigt wird. Um nun nicht weiter schüren zu müssen, wird, ehe die Arbeit ihren Anfang nimmt, soviel Brennmaterial auf den Herd gebracht, dass dasselbe hinreicht, um während 8 bis 12 Stunden das Glas im geschmolzenen Zustande zu erhalten. Der Schürer bringt daher, nachdem er zuvor den Rost von unten mit einer Platte von Eisenblech, die auf der oberen Seite mit einer dichten Schicht Lehmbrei und kurzgeschnittenem Stroh überzogen ist, verschlossen oder auch nur in seiner ganzen Fläche mit Lehmbrei verschmiert hat, auf den Herd eine Schicht Steinkohlenklein und, nachdem sich diese entzündet hat, eine zweite gleiche Schicht, schlägt mit einer Krücke oder einer flachen Schaufel fest, und wartet nun ab, bis sie gleichmässig in Brand geraten ist, worauf er eine dritte Schicht aufträgt, die dann ebenfalls in Brand kommt. Die Höhe aller Schichten, die man in ihrer Gesamtheit die Glut nennt, muss so bemessen sein, dass sie die Grube beinahe anfüllen.

Während des Kaltschürens richten die Bläser und Jungen ihre Plätze ein, stellen ihre Marbel zurecht, tragen dass zum Abkühlen der Pfeifen während der Arbeit nötige Wasser herbei, reinigen die Mundstücke der Pfeife, öffnen die Pfeifenlöcher am Ofen und legen alle bei der Arbeit nötigen Werkzeuge zurecht.

Die Güte des Glases hängt wesentlich von dem Erfolge der Glut ab, sie muss daher während der ganzen Dauer in gutem Gange erhalten werden, um die nötige Hitze zu geben; wenn diese ungenügend ist,

oder an ihrer Intensität verliert, so kühlt sich der Ofen ab, das Glas in den Häfen verdickt sich, es leistet dem Blasen einen zu grossen Widerstand und zersetzt sich bald und wird kratzig, wenn der Satz reich an Kalk war.

Um zu verhindern, dass die Asche entführt werde, und das Glas beschmutze, muss der Rost dicht verschlossen gehalten werden. Die zur Verbrennung nötige Luft muss durch die Züge unter den Bänken, die ihren Eingang in dem Hüttengebäude auf jeder Seite der Schürlöcher haben, anlangen. Die letzte halbe Stunde des Kaltschürens benutzt man, um dem Glase wieder mehr Wärme zuzuführen, damit es von neuem die zur Arbeit nötige Dünnflüssigkeit bekomme.

Die Glut gibt ohne fernere Beihilfe des Schmelzers die nötige Hitze, vorausgesetzt, dass eine Kohle von genügender Heizkraft zur Verfügung steht. Andernfalls muss ebenso, wie bei der Verwendung von Holz als Brennmaterial überhaupt, auch hier bei Holzfeuer ausgearbeitet werden und es macht nun der Schürer, welcher bis dahin während des Kaltschürens lediglich zur Unterhaltung des Feuers, durch die Schürlöcher von Zeit zu Zeit ein Stück Holz auf den Herd geworfen hat, das Feuer etwas stärker. Vor allem muss man vermeiden, dass das Glas wieder ins Kochen komme, denn hierdurch würde es seine Feinheit verlieren und sich mit Blasen erfüllen.

15. Das Schmelzen von Kristall- und feinem Hohlglase. (Weissbecherglas.)

Wird das Kristallglas nach der ältesten Methode mit Holz, oder nach der neuesten mit Gas geschmolzen, so weicht die Schmelzarbeit, welche in diesen Fällen gleichfalls in offenen Häfen vorgenommen werden kann, kaum von dem bisher beschriebenen Verfahren ab. Wenn aber Steinkohle als Brennmaterial verwendet und somit zur Vermeidung schädlicher Einwirkungen von Rauch und Russ in geschlossenen Häfen geschmolzen wird, so verzögert sich infolge der geringeren Einwirkung der Hitze auf das Schmelzgut die Dauer der Schmelze so sehr, dass oft 16 bis 24 Stunden erforderlich sind, das Glas blank zu erhalten. Man verzichtet in diesem Falle gemeinhin darauf, die Teilung der Arbeit in Schmelzen, Kaltschüren und Blasen für sämtliche Häfen durchzuführen, hält den Ofen stets in gleichmässiger Temperatur und hat dann fortwährend eine gewisse Anzahl Häfen, aus denen gearbeitet wird, während andere in der Schmelze resp. in der Läuterung stehen.

Da die Kristallglassätze im allgemeinen viel schmelzbarer sind, als die zu Tafelglas, so wird die zum Schmelzen jener erforderliche Hitze für die Bläser weniger lästig. Sie sind hier weder der Flamme noch der unmittelbaren Hitze des Ofens ausgesetzt, denn die röhrenförmigen Mündungen der Häfen, die während des Schmelzens mit einem einfachen oder doppelten Vorsetzer verschlossen gehalten werden, füllen die Arbeitsöffnungen vollständig aus, während die Flamme von den Zügen in den Pfeilern angezogen wird.

Das erwähnte Verschliessen der Hafenhälse einerseits, wie das Oeffnen derselben anderseits gibt bei diesem Betriebe das einfache Mittel ab, die Temperatur jedes einzelnen Hafens dem augenblicklichen Stadium

der Arbeit entsprechend zu regulieren. Ist der Hafen ausgearbeitet, so schliesst man den Hals und bringt den ersteren in etwa einer Stunde so heiss, dass mit dem ersten Eintrag begonnen werden kann. Nach 7 bis 9 Stunden etwa erfolgt dann der zweite und wenn auch dieser niedergeschmolzen ist, wird der Hafenhals mit doppelten, dicht verschmierten Vorsetzern geschlossen und die Schmelze für etwa 8 bis 10 Stunden dem Läutern überlassen. Zeigt sich bei einer Probe das letztere beendigt, so genügt ein zweistündiges Offenstehen des Hafens, den letzteren soweit abgehen zu lassen, dass das Glas zum Ausarbeiten geschickt ist.

Die Schmelze der zu optischen Zwecken verwendeten stark bleioxydhaltigen Flintgläser findet nach einem von dem vorstehend beschriebenen, abweichenden Verfahren statt und werden wir geeigneten Ortes hierauf zurückkommen.

16. Von den Folgen einer fehlerhaften Schmelze.

Von denjenigen Fehlern des Glases, welche aus einer mangelhaften Zusammensetzung desselben resultieren, ist schon an einer früheren Stelle die Rede gewesen. Dieselben sind in der Regel nicht sofort bemerkbar, sondern zeigen sich erst im Verlaufe kürzerer oder längerer Zeit. Als Folgen einer schlechten Schmelze aber zeigt das Glas häufig rauchige, nebelige oder wolkige Stellen, Knoten, Flecken, Blasen, Streifen, Schlieren, Winden und andere Mängel, die hier noch näher zu charakterisieren und rücksichtlich ihrer Ursachen zu untersuchen sein werden.

Wenn aus dem Sande nicht alle gröberen Teile entfernt wurden, so entziehen sich diese leicht der vollständigen Verglasung und die in dem Glase eingeschlossenen Körnchen bilden alsdann weisse Knoten oder Höcker. Dasselbe geschieht, wenn der Sand nicht ordentlich unter das Gemenge gemischt war, so dass er sich stellenweise zu Boden setzte. Dies zu Bodensetzen des Sandes kann, wie schon erwähnt, auch eintreten, wenn die Schmelze infolge zu geringer Ofenhitze nicht vom Boden des Hafens, sondern von der Oberfläche des Gemenges ausgeht. Auch Thonteilchen, welche aus Unachtsamkeit in das Gemenge gekommen sind, können Veranlassung zu solchen Höckern werden.

Etwas ähnliches tritt ein, wenn das Alkali oder der Kalk nicht vollständig verglasten, oder wenn die während des Schmelzens auf der Oberfläche schwimmende Glasgalle nicht gehörig entfernt wurde, nur dass hier weissliche, undurchsichtige Flecken entstehen. Dass die Galle auch Veranlassung zu zahlreichen in der Glasmasse verteilten, länglichen, opalisierenden Blasen sein kann, wenn vor ihrer Entfernung das Glas gebülwert oder vor ihrer Ausscheidung neues Gemenge eingetragen wurde, ist auch schon erwähnt worden.

Graue, grüne und schwärzliche Stellen kommen zum Vorschein, wenn abgebröckelte Teile des Hafens, oder der Ofenwände in die geschmolzene Masse fallen und nicht sogleich wieder herausgenommen werden. Zuweilen findet man auch in der ganzen Glasmasse rauchige, nebelige und wolkige Partien verbreitet, entstanden aus fein zerteilten,

geschmolzenen oder ungeschmolzenen fremdartigen Stoffen, wie Zinnoxyd, phosphorsaurem Kalk und dergl.

Solange während des Schmelzens Säure und Basen noch aufeinander einwirken, findet, wenn letztere als kohlensaure Salze in dem Satze enthalten sind, fortwährend Kohlensäureentwicklung statt, infolge welcher die geschmolzene Masse mit Blasen und Bläschen angefüllt ist. Um zu verhüten, dass diese auch in dem fertigen Glase erscheinen, darf man es weder an der nötigen Menge der Flussmittel, noch an der hinreichend hohen Temperatur fehlen lassen, wodurch die Glasmasse die gehörige Dünnflüssigkeit, und hierdurch die Kohlensäure Gelegenheit erhält, entweichen zu können.

Ein zu hoher Gehalt an Flussmitteln kann übrigens gleichfalls Veranlassung zu solchem gispigen Glase werden, wenn der Ofen gleichzeitig sehr heiss geht. Die Blasen rühren in diesem Falle von verdampfendem Alkali her. Auch ein Stück Eisen, namentlich kohlereiches Gusseisen, welches zufällig in den Hafen gekommen, wird durch die Wechselwirkung seines Kohlegehaltes und der im Glase gelösten Sulfate, wodurch ersterer in Kohlenoxydgas übergeführt wird, Veranlassung zur Blasenbildung im Glase. Auch schreibt M. Müller*) dem sehr heissflüssigen Glase die Eigenschaft zu, Kohlenoxydgas in reichlicher Menge auflösen zu können; ist dieser Fall eingetreten, so wird das letztere, wenn beim Kaltschüren das Glas abgeht, plötzlich entweichen und das Glas schaumig machen. Selbst in der Ausarbeitung begriffenes, in rauchiger Flamme angewärmtes Glas kann durch Beschlagen mit Russ infolge der erwähnten Wirkung des Kohlenstoffs feinsgispig, nebelig oder rauchig werden.

Winden, auch Fäden, nennt man die oberflächlich auf dem Glase hervorragenden Streifen. Sie entstehen, wenn während der Verarbeitung der geschmolzenen Glasmasse die Hitze sich soweit vermindert, dass die von der Pfeife in den Hafen fallenden etwas erkalteten Glasfäden nicht wieder mit der Masse verschmelzen. Bemerkt man solche Winden in dem Glase, so muss das Feuer soweit verstärkt werden, dass diese Fäden schmelzen.

Aber auch Brocken von zu hartem Glase welche mit verschmolzen wurden, endlich auch solche Partien des Hafeninhalts, welche durch Abschmelzen der Hafenwände sehr thonerdehaltig und deshalb schwer schmelzbar wurden, geben Veranlassung zu solchen Erscheinungen.

Während des Schmelzens verflüchtigt sich immer ein Teil des angewendeten Alkalis und verglast sich mit der Oberfläche des Ofengewölbes zu einem grünen Glase, von welchem Tropfen in den Hafen herabfallen und in der Glasmasse, grüne Streifen darin zurücklassend, zu Boden sinken, während die dicken Tropfen die sogenannten Gallen oder Augen bilden. Diese Fehler schaden nicht nur dem Ansehen des Glases und seiner Durchsichtigkeit, sondern sind auch der Dauerhaftigkeit desselben sehr nachteilig, indem das sehr thonerdehaltige Glas (von dem Gewölbe des Ofens) sehr zerbrechlich ist und keinen raschen Temperaturwechsel vertragen kann. Man verhütet dieses Abtropfen, welches in manchen Fällen das Schlieren des Ofens genannt wird,

*) Sprechsaal 1881. 95.

wenigstens zum Teil, durch Beschränkung der Alkalien auf die absolut nötige Menge, durch Vermeidung einer zu grossen Hitze, durch Verhüten des Staubes beim Einlegen, durch Bedeckung der Häfen, soweit letzteres überhaupt möglich ist, sowie durch, an einem früheren Orte bereits eingehend besprochene, geeignete Konstruktion des Ofengewölbes.

Die Streifen, Wellen, zuweilen auch Schlieren und Schlüren genannt, entstehen aus Mangel an Gleichartigkeit der Glasmasse, der wiederum seinen Grund in dem verschiedenen spezifischen Gewichte der während des Schmelzprozesses entstehenden Verbindungen hat. Mit diesem Fehler behaftetes Glas ist für Spiegel und optische Instrumente ganz unbrauchbar. Die Materialien zu dem gewöhnlichen Glase, Kieselsäure, Kali, Natron und Kalk, sind in ihrem spezifischen Gewichte so wenig voneinander verschieden, dass sich, wenn überdies ein richtiges gegenseitiges Verhältnis angewendet wird, die Streifen oder Wellen wohl vermeiden lassen durch geschickte Anwendung der Flammschen Kartoffel. Anders gestaltet es sich aber, wenn Bleioxyd verschmolzen wird, wie beim Flintglase u. s. w. Das spezifische Gewicht des Bleioxyds ist dreimal so gross als das der andern Materialien, und auch das kieselsaure Bleioxyd hat ein bedeutend grösseres spezifisches Gewicht als die andern Silikate. Hier ist es mitunter schwierig eine gleichartige Masse zu erhalten, es entstehen im Hafen parallele horizontale Glasschichten, die nach unten an spezifischem Gewichte zunehmen und, indem sie das Licht verschieden brechen, Streifen und Wellen bilden, wodurch das Glas für optische Zwecke untauglich wird. Nur ein sehr sorgfältiges und oft wiederholtes Durchrühren der Schmelze kann in diesem Falle zum Ziele führen.

Ein weiterer Fehler endlich des Glases ist das Rauh- oder Krätzigsein. Dasselbe rührt von beginnender Entglasung her und ist eine Folge einmal zu grossen Abgehens des Ofens und kann in diesem Falle durch erneutes Aufschüren sofort beseitigt werden, oder es stellt sich erst ein, wenn ein komplizierter Gegenstand zu lange unter häufigem Anwärmen ausgearbeitet wird. Am unangenehmsten überrascht es aber, wenn es sich an den fertigen Sachen während des Kühlprozesses zeigt.

Achtes Kapitel.

Die Glassätze.

Unter „Glassätzen" versteht man die bestimmten Verhältnisse, in welchen die Schmelzmaterialien, innig gemengt, zur Erzeugung der einen oder der andern Glassorte zusammengeschmolzen werden.

In dem von der chemischen Zusammensetzung des Glases handelnden Abschnitte ist gezeigt worden, dass das Glas rücksichtlich derselben gewissen Bedingungen entsprechen müsse, wenn es berechtigten Anforderungen an seine Qualität genügen soll. Für den Praktiker ist es immerhin ein misslich Ding, seine Glassätze nach chemischen Formeln berechnen zu sollen; er liebt es, nach gewissen feststehenden Normen, Rezepten und Erfahrungsresultaten zu arbeiten, und er betrachtet die theoretische Formel gern mit selbstgefälliger Geringschätzung. Es ist ja auch unzweifelhaft, dass es dem erfahrenen Glasschmelzer bei stets gleichbleibendem Rohmaterial nach einigen misslungenen Proben bald gelingen werde, eine für seine Zwecke geeignete Zusammensetzung des Gemenges zu ermitteln; sobald er aber mit wechselndem Material zu arbeiten gezwungen ist, wird er in Verlegenheiten sich verwickelt sehen, und es wird ihm unmöglich sein, den Fortschritten der Technik zu folgen. Wie die nicht gebührend beachtete wechselnde chemische Zusammensetzung des Rohmaterials den Verfall und endlich das gänzliche Eingehen eines blühenden Geschäftsbetriebes zur Folge hatte, haben wir bereits an einem früheren Orte erwähnt.

Wollen wir daher auch denjenigen unserer Leser, welche unentwegt am Veralteten hängend, von ihren Rezepten nicht lassen wollen, die in den früheren Auflagen des vorliegenden Werks angeführten Vorschriften für die Zusammensetzung der Glassätze nicht vorenthalten, so kann dies doch nur in der Absicht geschehen, an der einen oder der andern die Unhaltbarkeit ihres Systems nachzuweisen, gleichzeitig aber die

Untrüglichkeit und Einfachheit der Satzermittelung durch stöchiometrische Rechnung auf Grund bestimmter chemischer Formeln nachzuweisen.

Bevor wir jedoch hierzu übergehen, mögen hier einige allgemeine Bemerkungen über die Sätze und das Gemenge eine Stelle finden.

Bei der Anfertigung der Glassätze muss man stets die Schönheit und die Dauerhaftigkeit des Glases, vor allem aber die Zwecke, für die es bestimmt ist, im Auge haben. Aus diesem Grunde müssen die Gläser, die geschliffen werden sollen, härter sein, als die zur Anfertigung von Trinkgläsern u. s. w. bestimmten. Obgleich kaltes Wasser auf Glas, wie es heutigestags fabriziert wird, wenig Einwirkung hat, so üben doch kochendes Wasser und Säuren einen grossen Einfluss auf dasselbe aus; man muss daher Retorten, Ballons und für chemische Laboratorien bestimmte Apparate, mit Rücksicht auf die verschiedenen Stoffe, deren Angriffen diese Gegenstände bei ihrem Gebrauche ausgesetzt sind, so dauerhaft und widerstandsfähig, als möglich ist, herstellen.

Den Witterungseinflüssen ausgesetztes Glas erleidet eine langsame Zersetzung, wie dies unsere irisierenden Fensterscheiben beweisen. Man muss daher dem Glase, welches zu Spiegeln, Fensterscheiben etc. bestimmt ist, eine Zusammensetzung geben, dass es längere Zeit diesen verschiedenen Einflüssen widerstehen kann.

Champagner- und Mineralwasserflaschen müssen von einem sehr zähen Glase gearbeitet sein, um einem Druck von wenigstens 10 Atmosphären widerstehen zu können.

Je höher die Temperatur ist, die man in einem Ofen hervorbringen kann, um so mehr Kieselsäure vermag eine bestimmte Menge Alkali aufzunehmen. Hieraus geht hervor, dass ein Ofen, in welchem man eine sehr hohe Temperatur hervorbringen und unterhalten kann, vorteilhafter ist als ein solcher, bei welchem dies nicht geschehen kann. Letzterer würde weicher, mit Alkali überladener Sätze bedürfen, und Glas von nur geringer Festigkeit liefern, denn der Glanz, die Durchsichtigkeit und die Härte nehmen in demselben Verhältnisse ab, wie die Menge der Schmelzmittel zunimmt. Ausserdem sind härtere Gemenge bedeutend billiger, als alkalireiche, weiche.

Wenn man einen Satz schmelzt, der aus einem Versehen einen Ueberschuss an Schmelzmitteln, namentlich an Glaubersalz erhalten hat, und der Ofen sehr heiss ist, so schäumt anfangs die Glasmasse in den Häfen stark auf und fliesst nicht selten über den Rand auf die Bänke, wo sie, geflossen, sich flach ausbreitet. Es gelingt kaum ein solches Glas zu raffinieren, und man erhält dennoch ein sehr unebenes grünliches, ölig schillerndes Produkt, welches man nur würde benutzen können, wenn man es einem andern Satze zugibt.

Die Temperatur, die sich in einem Ofen hervorbringen lässt, hängt, wie wir an einem andern Orte gezeigt haben, von seiner Konstruktion und der Beschaffenheit des anzuwendenden Brennmaterials, sowie auch von der Periode der Kampagne, in welcher sich derselbe befindet, ab. Während der ersten Periode absorbieren die Wände einen grossen Teil der erzeugten Wärme, und während der zweiten weitert sich das Innere des Ofens, infolge der Abnutzung der Bänke und der Abschmelzung der Steine, beträchtlich aus. Der Ofen geht also gegen die Mitte

der Kampagne am heissesten, und man muss daher die Zusammensetzung der Sätze nach dem Gange des Ofens, der Periode, in welcher er sich eben befindet, und dem angewendeten Brennmaterial einrichten.

Es ist in neuerer Zeit mannigfach gegen ein solches Anpassen der Satzkomposition an den jeweiligen Ofengang geeifert worden, indem es als ebenso fehlerhaft bezeichnet wurde, einen noch nicht genügend heissgeschürten Ofen besetzen zu wollen, wie man es unrationell nannte, einen total zerfressenen Ofen weiter zu benutzen. Hiergegen wird sich allerdings nichts einwenden lassen, indessen halten wir dafür, dass es auch dem bestgebauten Ofen nur zum Vorteil gereichen werde, wenn man ihn beim Beginn der Kampagne nicht gleich bis aufs höchste anstrengt, indem man dem Satze 5 bis 6 Prozent Flussmittel zufügt. Inwieweit es rätlich ist, die Dauer der Kampagne durch ähnliche Hilfsmittel zu verlängern, mag in jedem speziellen Falle besonderem Kalkül zu ermitteln vorbehalten bleiben.

Der zu weissem Glase bestimmte Sand muss frei von Eisenoxyd, Thonerde und Manganoxyd sein, und muss gewaschen und dann wieder getrocknet und geglüht werden.

Die Bestimmung der Materialien muss nach dem Gewichte geschehen, nachdem dieselben zuvor getrocknet und durch ein Sieb, welches man nicht leicht zu fein wählen kann, gesiebt wurden; denn je feiner die Materialien zerteilt sind, eine um so grössere Oberfläche bieten ihre Teilchen dem Flusse dar; hiermit ist notwendig eine Ersparnis an Schmelzmitteln, an Zeit und Brennstoff, sowie auch eine längere Dauer des Ofens verbunden.

Gleichzeitig gewöhne man die Arbeiter in der Gemengestube an die grösste Genauigkeit beim Abwiegen der Sätze, wie denselben peinlichste Sauberkeit in der Behandlung der einzelnen Materialien zur ersten Pflicht zu machen ist.

Das Mengen der Rohmaterialien muss so vollkommen wie möglich geschehen, und wird besser in Mischtonnen als mit der Schaufel bewirkt; da sie aus der Luft leicht Feuchtigkeit anziehen, so erwärmt man sie auf grossen Tafeln von Eisenblech, von dem man sie fortnimmt, wenn sie in den Ofen kommen sollen.

Hat man es mit Glaubersalzsätzen oder solchen mit schwefelsaurem Kali zu thun, so mengt man diese Sätze zuvor mit der zu ihrer Zersetzung nötigen Menge von Holz- oder Steinkohle, nachher das Alkali mit dem Sande und fügt zuletzt den Kalk und die Glasbrocken hinzu.

Bei Sätzen, die Metalloxyde enthalten, muss man Kohle ausschliessen, denn sie würde diese zu Metall reduzieren und hierdurch das Färbungsvermögen vernichtet werden. Mit den Sulfaten von Kali und Natron kann man daher nur auf diese Weise farbige Gläser darstellen, dass man die färbenden Oxyde in das flüssige Glas erst dann einträgt, nachdem die Zersetzung jener Sätze mittels der Kohle und ihre Umwandlung in Silikate stattgefunden hat.

Wenn der Sulfatsatz Kalkhydrat (an der Luft zerfallenen Kalk) enthält, so muss man die Menge der Kohle bis auf 8 Prozent der in dem Satze enthaltenen Sulfate vermehren; hat man dagegen Kreide

oder Kalkstein angewendet, so genügen 6 bis 7 Prozent Kohle. 10 Gewichtsteile Holzkohle werden durch 16 Gewichtsteile Koks und durch 26 Gewichtsteile Sägespäne ersetzt. Da ein Ueberschuss an Kohle das Glas gelb, braun oder schwarz färben würde, so darf man die oben angegebene Menge nicht überschreiten.

Die Schmelzbarkeit des Sandes wird durch Zusatz von Pottasche zu Soda in dem Verhältnis von 1 : 5 vermehrt; das Glas erlangt eine grössere Elastizität, lässt sich leichter blasen und eignet sich auch besser zu chemischen Apparaten und Instrumenten.

Der Zusatz von gemahlenem Glase macht das Glas beim Blasen härter und man bedient sich dieses Mittels, wenn man das Glas bei einer vorhergegangenen Arbeit zu flüssig befunden und man es unterlassen hat den Satz zu ändern. Gewöhnlich nimmt man zum Satz ebensoviel Glasbrocken als Sand; die Brocken konservieren die Häfen und die Kappe des Ofens, beschleunigen die Schmelzung und verhindern die Verflüchtigung einer zu grossen Menge von Alkali. Das durch Schmelzen von Glasbrocken allein dargestellte Glas ist sehr spröde und brüchig und erreicht niemals die Festigkeit und Elastizität von Glas, welches durch Schmelzung der verschiedenen Materialien erhalten worden ist. Wenn man Glasbrocken umschmelzen will, so muss man ihnen 1 bis 2 Prozent Soda oder Pottasche zusetzen, die Glasbrocken des Handels müssen sorgfältig nach ihrer Beschaffenheit ausgelesen und wiederholt abgespült werden.

Ein so beliebtes Material in früherer Zeit auch die Brocken gewesen und so willig sie daher von den Hütten aufgekauft wurden, so beschränkt man sich doch mehr und mehr auf die Verarbeitung des eigenen Bruchs, weil dem Streben der Fabrikanten nach gutem, gleichmässigen Fabrikat die Verwendung von Brocken unbekannter Zusammensetzung wenig Vorschub leistet.

Die Reinigungsmittel, wie Salpeter, Weinstein, Schmalte, Kobaltoxyd, können sofort mit dem Satz gemengt werden; Arsenik und Braunstein müssen dem flüssigen Glase nach der Entfernung der Glasgalle zugesetzt werden.

Da die in den Ecken des Ofens stehenden Häfen nicht soviel Wärme empfangen als die in der Mitte, so entspringt hieraus zuweilen ein Zurückbleiben derselben, wenn alle Häfen denselben Satz enthalten. Man ist in diesem Falle genötigt zwei verschiedene Glasgemenge zuzubereiten und gibt darum dem Satz für die Häfen in der Mitte 3 Prozent Flussmittel weniger als dem Satz für die in den Ecken stehenden Häfen.

Der Brauch mancher Glashütten, den im Rückstand befindlichen Häfen während des Läuterns einige Kilogramme Soda zuzusetzen, ist sehr fehlerhaft, weil dieses Salz, indem es obenauf schwimmt, nur eine geringe Wirkung auf das am Boden der Häfen befindliche Glas ausübt; dieses Palliativ schadet sehr häufig der Güte des Glases.

Wenn man aus irgend einem Grunde genötigt ist, die Glasgemenge abzuändern, so darf dies nur, und zwar während mehrerer Schmelzungen, allmählich geschehen, weil sich die Wirkungen nicht unmittelbar wahrnehmbar machen, oder auch die Umstände, welche die Veränderung wünschenswert erscheinen liessen, Zufälligkeiten, z. B. einer Erhöhung

oder Erniedrigung der Temperatur im Ofen, zugeschrieben werden können.

Selbstverständlich tritt während des Schmelzens ein Verlust an Satzbestandteilen ein, welcher hauptsächlich von entweichender Kohlensäure, von zersetzter Schwefelsäure, verflüchtigten Alkalien und andren flüchtigen Stoffen herrührt und es muss derselbe somit hauptsächlich danach verschieden sein, ob man viel kohlensaures Alkali, ob man Kalkhydrat oder kohlensauren Kalk in den Satz aufgenommen hat. Dieser Verlust lässt sich daher annähernd im voraus berechnen, wenn man die Kohlensäure der verschiedenen Karbonate, die Salpetersäure des Salpeters, den Sauerstoff der Mennige, den Arsenik, die Kohle, die Schwefelsäure des Glaubersalzes, welche in dem Satze enthalten waren, addiert. So verlieren

100 kg	reines kohlensaures Kali beim Schmelzen	31,67	kg
100 „	Pottasche mit 72 Prozent reinem, kohlensaurem Kali	22,80	„
100 „	reines kohlensaures Natron	41,51	„
100 „	Soda mit 90 Proz. reinem, kohlensaurem Natron daher	37,36	„
	und wenn die fehlenden 10 Prozent aus schwefelsaurem Natron bestehen, so findet ein weiterer Verlust von	5,64	„
	statt.		
100 „	reines Glaubersalz verlieren	56,34	„
100 „	reiner Salpeter	53,20	„
100 „	Chilisalpeter von 90 Prozent	57,18	„
100 „	Mennige	2,34	„

Kohle und weisser Arsenik werden vollständig verflüchtigt resp. verbrannt; der Braunstein übt wegen seiner geringen Menge im Satze keinen Einfluss auf den Verlust aus.

100 kg	Kreide oder kohlensaurer Kalk verlieren	44,00	kg
100 „	Kalkhydrat oder zerfallener Kalk . . .	25 bis 30,00	„

Den durch Verflüchtigung der Alkalien stattfindenden Verlust nimmt man im Durchschnitt zu $^1/_6$ ihres Gewichts an.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen über die Herstellung der Gemenge wenden wir uns der Zusammensetzung derselben mit Rücksicht auf die verschiedenen Glassorten zu.

Glassätze für Fensterglas.

Es ist an einem früheren Orte gezeigt worden, dass die Koeffizienten x, y und z der allgemeinen Formel

$$x\ AlO + yEO + z\ SiO_2$$

für die Zusammensetzung des Glases bei anerkannt guten Fenstergläsern die Werte

$$z = 3\ \frac{x}{y}\ (x + y)$$

$$y = 1$$

$$x = 0{,}6 \text{ bis } 1{,}0$$

annehmen und erhalten wir hiernach beispielsweise

$$1)\ \left(0{,}6\ \begin{cases}KO\\NaO\end{cases} + 1\ CaO\right)\ 4{,}1\ SiO_2$$

$$2)\ \left(0{,}7\ \begin{cases}KO\\NaO\end{cases} + 1\ CaO\right)\ 4{,}5\ SiO_2$$

$$3)\ \left(0{,}8\ \begin{cases}KO\\NaO\end{cases} + 1\ CaO\right)\ 4{,}9\ SiO_2$$

$$4)\ \left(0{,}9\ \begin{cases}KO\\NaO\end{cases} + 1\ Ca\ \right)\ 5{,}4\ SiO_2$$

$$5)\ \left(1{,}00\ \begin{cases}KO\\NaO\end{cases} + 1\ CaO\right)\ 6\ SiO_2$$

Aus 1 folgt dann, da das Aequivalent des Kalis = 47,1, das des Natrons = 31, des Kalks = 28 und der Kieselsäure = 30 ist, die prozentische Zusammensetzung des entsprechenden

Kali-Kalk-Glases				Natron-Kalk-Glases			
1a.				1b.			
0,6 . 47,1 =	28,26 =	15,7	KO	0,6 . 31 =	18,6 =	11,0	NaO
1,0 . 28,0 =	28,0 =	15,6	CaO	1,0 . 28 =	28,0 =	16,5	CaO
4,1 . 30,0 =	123,0 =	68,7	SiO_2	4,1 . 30 =	123,0 =	72,5	SiO_2
	179,26	100,0			169,6	100,0	

und in gleicher Weise

Kali-Kalk-Glases				Natron-Kalk-Glases			
2a.				2b.			
0,7 . 47,1 =	32,97 =	16,8	KO	0,7 . 31 =	21,7 =	11,7	NaO
1,0 . 28,0 =	28,00 =	14,3	CaO	1,0 . 28 =	28,0 =	15,2	CaO
4,5 . 30,0 =	135,00 =	68,9	SiO_2	4,5 . 30 =	135,0 =	73,1	SiO_2
	195,97	100,0			184,7	100,0	
3a.				3b.			
0,8 . 47,1 =	37,68 =	17,7	KO	0,8 . 31 =	24,8 =	12,4	NaO
1,0 . 28,0 =	28,00 =	13,2	CaO	1,0 . 28 =	28,0 =	14,0	CaO
4,9 . 30,0 =	147,00 =	69,1	SiO_2	4,9 . 30 =	147,0 =	73,6	SiO_2
	212,68	100,0			199,8	100,0	
4a.				4b.			
0,9 . 47,1 =	42,39 =	18,2	KO	0,9 . 31 =	27,9 =	12,8	NaO
1,0 . 28,0 =	28,00 =	12,1	CaO	1,0 . 28 =	28,0 =	12,8	CaO
5,4 . 30,0 =	162,00 =	69,7	SiO_2	5,4 . 30 =	162,0 =	74,4	SiO_2
	232,39	100,0			217,9	100,0	
5a.				5b.			
1,00 . 47,1 =	47,1 =	18,4	KO	1,00 . 31 =	31,00 =	13,0	
1,00 . 28,0 =	28,0 =	11,0	CaO	1,00 . 28 =	28,00 =	11,7	
6,00 . 30,0 =	180,0 =	70,6	SiO_2	6,00 . 30 =	180,00 =	75,3	
	255,1	100,0			239,00	100,0	

Bei gleicher Widerstandsfähigkeit gegen atmosphärische Einflüsse werden alle diese Gläser im allgemeinen mit steigendem Alkaligehalte und abnehmendem Kalkgehalte leichtflüssiger werden, während sie gleichzeitig um so wohlfeiler sind, je mehr das Alkali in ihnen zurücktritt. Wohlfeiler überhaupt als die Kaligläser, sind die Natrongläser wegen des weit billigeren Preises der Soda gegenüber der Pottasche und ein Kalikalktafelglas dürfte aus diesem Grunde jetzt zu den Seltenheiten gehören, um so mehr, als der auch heute noch vielfach verbreitete Glaube, Kaliglas besitze dem Natronglase gegenüber grössere Dauerhaftigkeit, schon durch die Untersuchungen von Scholz*), welcher nachwies, dass bei gleicher Zusammensetzung Kaligläser leichter angegriffen würden, als Natrongläser, lediglich als ein Vorurteil charakterisiert worden ist.

Stehen nun beispielsweise zur Fabrikation eines weissen Tafelglases ein Nievelsteiner Sand von 99 Prozent Kieselsäure, eine Ammoniaksoda mit 98 Prozent kohlensaurem Natron, entspechend einem Gehalte von 57,3 Prozent Natron oder ein gereinigtes kalciniertes Glaubersalz mit 96 Prozent Sulfat oder 42 Prozent Natrongehalt und endlich ein gemahlener Kalkspat von 97 Prozent kohlensaurem Kalk,d. h. mit 54,3 Prozent Kalk zur Verfügung, gestattet ferner der momentane Zustand des Ofens das Erschmelzen eines Glases mittlerer Schmelzbarkeit, so wird man entsprechend dem Schema 4b für den Glassatz

$$\frac{12{,}8 \,.\, 100}{57{,}3} = 22{,}3 \text{ kg Soda}$$

$$\frac{12{,}8 \,.\, 100}{54{,}3} = 23{,}6 \text{ kg Kalkspat}$$

$$\frac{74{,}4 \,.\, 100}{99} = 74{,}2 \text{ kg Sand}$$

oder auf 100 Sand berechnet

100 Sand,
30 Soda,
32 Kalkspat

zu nehmen haben. In gleicher Weise erhält man für die Verwendung von Sulfat

$$\frac{12{,}8 \,.\, 100}{42} = 30{,}5 \text{ kg Sulfat,}$$

$$\frac{12{,}8 \,.\, 100}{54{,}3} = 23{,}6 \text{ kg Kalkspat,}$$

$$\frac{74{,}4 \,.\, 100}{99} = 74{,}2 \text{ kg Sand,}$$

oder ebenfalls auf 100 Sand bezogen und unter Beifügung der zur Reduktion des Sulfats erforderlichen Kohle

---

*) Jahrbuch d. polyt. Inst. Wien 1820, Bd. 2, pag. 179.

100 Sand,
41 Sulfat,
32 Kalkspat,
2,75 Kohle,

wozu dann noch als Entfärbungsmittel etwa 0,5 bis 1,0 kg Arsenik kommt, der jedoch selbstverständlich erst nach der völligen Reduktion des Sulfats durch die Kohle in die Schmelze zu bringen ist, oder auch die entsprechende Menge Braunstein oder Nickeloxydul. An Brocken kann man dem Satze bis zu 100 Prozent des Sandes zusetzen; doch berücksichtige man das früher über die Verwendung derselben Gesagte und verwende, wenigstens bei gutem Glase, nur aus dem gleichen Gemenge selbsterschmolzene Abfälle, da solche von schwerer schmelzbarem Glase das Produkt nur zu leicht schlierig und rampig machen.

Ebenso wie wir hier die Rechnung für weisses Glas mittlerer Schmelzbarkeit durchgeführt haben, wird man auch die Sätze für schwerer oder leichter schmelzbare, sowie für halbweisse Gläser komponieren können. Man entscheide sich je nach dem Zustande des Ofens für das eine oder andere Schema und basiere die weitere Rechnung auf die Analysen der jeweilig zur Verfügung stehenden Schmelzmaterialien, bei ordinäreren Qualitäten der letzteren auch die fremden Beimengungen berücksichtigend. So wird man namentlich den zuweilen nicht unbedeutenden Sulfatgehalt geringerer Sodasorten in die Rechnung einzuführen und gleichzeitig, wie dies schon an einem früheren Orte hervorgehoben, eine entsprechende Menge Kohle dem Satze beizugeben haben.

Nachstehend geben wir eine Zusammenstellung von Vorschriften zur Komponierung von Sätzen für Tafelglas, wie sie im Laufe der Zeit empfohlen und verwendet wurden. Sind dieselben den früheren Erörterungen zufolge nur von geringem, häufig genug von gar keinem praktischen Werte, ja lassen dieselben bei den fehlenden Analysen der verwendeten Schmelzmaterialien nicht einmal eine Prüfung auf ihre Richtigkeit oder Fehlerhaftigkeit zu, so geben sie doch die Fortschritte zu erkennen, welche die Fabrikation infolge zunehmender Erkenntnis gemacht und bieten gerade deshalb dem Fachmanne genügendes Interesse dar, um ihre Mitteilung gerechtfertigt erscheinen zu lassen. Unter denselben finden sich gleichzeitig mehrere Sätze für Krownglas, wie dasselbe teils zu optischen Gläsern, teils zu Mondglas verarbeitet wird.

A. Halbweisses Tafelglas.

1) Mit Rohsoda und Holzasche.

Sand, gelber	100 kg	Zerfallener Kalk . . .	20 kg
Rohsoda	200 „	Glasbrocken	100 „
Holzasche	50 „		

2) Halbweisses Kaliglas mit Glaubersalz.

Sand, gelber	100 kg	Holzkohle	0,75 kg
Pottasche	50 „	Zerfallener Kalk . .	14 „
Glaubersalz	10 „	Glasbrocken . . .	100 „

3) Grünliches halbweisses Glas mit Soda und Holzasche.

Sand	100 kg	Zerfallener Kalk . . .	16 kg
Varek-Soda	35 „	Glasbrocken	100 „
Holzasche	140 „		

4) Halbweisses Kaliglas mit Holzasche.

Sand	100 kg	Glasgalle	6 kg
Pottasche	30 „	Zerfallener Kalk . . .	12 „
Holzasche	160 „	Glasbrocken	100 „

5) Halbweisses Kaliglas mit Holzasche.

Sand	100 kg	Kohle	1 kg
Pottasche	35 „	Zerfallener Kalk . . .	12 „
Kochsalz	18 „	Glasbrocken	100 „
Holzasche	15 „		

6) Halbweisses Kaliglas.

Sand	100 kg	Zerfallener Kalk . . .	10 kg
Pottasche	45 „	Sägespäne	2 „
Holzasche	15 „	Glasbrocken	100 „

7) Halbweisses Glas mit Kali- und Natronsulfat*).

Sand	100 kg	Glasgalle	2 kg
Schwefelsaures Kali . .	40 „	Holzkohle	2,75 „
Glaubersalz	8 „	Glasbrocken	100 „

8) Halbweisses Glas mit Glaubersalz.

Sand	100 kg	Holzkohle 5 Prozent	
Glaubersalz	35—45 „	der Sulfate	2,5—3 kg
Kohlens. Kalk (Kreide)	30—38 „	Glasbrocken	100 „

9) Halbweisses Glas mit Glaubersalz und Kochsalz.

Sand	100 kg	Kohlens. Kalk (Kreide) .	30 kg
Glaubersalz	30 „	Kohle	2 „
Glasgalle	4 „	Glasbrocken	100 „
Kochsalz	13 „		

*) 100 schwefelsaures Kali entsprechen 81 schwefelsaurem Natron (Glaubersalz), 100 schwefelsaures Natron entsprechen 122 schwefelsaurem Kali.

10) Mit Glaubersalz und Schwerspat.

Sand	100 kg	Kohlensaurer Kalk . .	32 kg
Glaubersalz	15 „	Kohle	2,5 „
Schwerspat	28 „	Glasbrocken	100 „

11) Halbweisses Glas mit Glaubersalz.

Sand	100 kg	Kohle	3 kg
Glaubersalz	44 „	Zerfallener Kalk . . .	6 „

12) Desgleichen.

Sand	100 kg	Kohle	3 kg
Glaubersalz	50 „	Kalkstein	20 „

13) Desgleichen.

Sand	100 kg	Kohlenpulver	3 kg
Glaubersalz	45 „	Kohlensaurer Kalk . .	18 „

14) Desgleichen.

Sand	100 kg	Kohle	2 kg
Glaubersalz	32 „	Kalkstein	45 „

15) Desgleichen.

Sand	100 kg	Kohle	3 kg
Glaubersalz 2½ . . .	30 „	Kalkstein	30 „

16) Desgleichen.

Sand	100 kg	Soda	6 kg
Glaubersalz	35 „	Kalkstein	30 „
Kohle	3 „		

B. Weisses Tafelglas.

1) Mit Pottasche.

Sand	100 kg	Zerfallener Kalk . . .	12 kg
Pottasche, gereinigte .	60 „	Glasbrocken	100 „

2) Weisses böhmisches Tafelglas.

Sand	100 kg	Braunstein	9,5 kg
Pottasche, gereinigte .	50 „	Glasbrocken	100 „
Kreide	12 „		

3) Weisses Tafelglas.

Sand, weisser	100 kg	Salpeter	2 kg
Pottasche, gereinigte	48—55 „	Glasbrocken	100 „
Kreide	50 „		

4) Weisses Tafelglas.

Sand, weisser	100 kg	Salpeter	2 kg
Pottasche	50 „	Nickeloxydul	0,01 „
Kreide	30 „		

5) Weisses Natron-Tafelglas.

Sand, weisser	100 kg	Weisser Arsenik	0,2 kg
Kreide	35 „	Braunstein	0,25 „
Soda, 80°	33 „	Glasbrocken	100 „

6) Weisses Tafelglas mit Glaubersalz.

Sand, weisser	100 kg	Kohle	2,5 kg
Glaubersalz	35—40 „	Glasbrocken	100 „
Kohlensaurer Kalk	30—35 „		

7) Weisses Tafelglas mit Glaubersalz (Belgien).

Sand, weisser	100 kg	Kohle	1,5 kg
Glaubersalz	36 „	Glasbrocken	100 „
Kohlensaurer Kalk	40 „		

8) Böhmisches, sogenanntes Solinglas.

Sand, weisser	100 kg	Arsenik	0,2 kg
Pottasche	45 „	Braunstein	0,1 „
Kalkhydrat	12 „	Glasbrocken	100 „

9) Anderes Solinglas.

Sand, weisser	100 kg	Kalkhydrat	14 kg
Pottasche	40 „	Arsenik	0,3 „
Kochsalz	5 „	Glasbrocken	100 „

10) Solinglas.

Sand, weisser	100 kg	Kalkhydrat	12 kg
Pottasche, gereinigte	40 „	Arsenik	0,3 „
Salpeter	2 „	Glasbrocken	100 „

11) Gewöhnliches weisses Tafelglas.

Sand	100 kg	Kalkstein	38 kg
Glaubersalz	32 „	Kohle	2,25 „
Pottasche	8 „	Glasbrocken . . .	100 „

12) Weisses Tafelglas*).

Sand	100 kg	Soda	8 kg
Pottasche	45 „	Glasbrocken	100 „

13) Weisses Glas mit Natronsilikat aus Kochsalz.

Natronsilikat	100 kg	Kalkstein	56 kg
Sand, weisser	70 „	Glasbrocken	100 „

14) Französisches weisses Natron-Tafelglas.

Sand, weisser	100 kg	Braunstein	0,25 kg
Soda	62 „	Arsenik	0,2 „
Kohlensaurer Kalk . .	8 „		

15) Französisches weisses Natron-Tafelglas.

Sand, weisser	100 kg	Kohlensaurer Kalk . .	15 kg
Soda	30 „	Braunstein	0,25 „

16) Desgleichen.

Sand, weisser	100 kg	Braunstein	0,25 kg
Soda	30 „	Arsenik	0,2 „
Kreide	35 „		

17) Desgleichen.

Sand, weisser	100 kg	Braunstein	0,25 kg
Soda	35 „	Arsenik	0,2 „
Kreide	40 „		

18) Glassätze der nordfranzösischen Glashütten**).

Sand	100 kg	Braunstein	0,5 kg
Glaubersalz . . .	35—40 „	Arsenik	0,5—1 „
Kalkstein	25—35 „	Brocken versch. Mengen.	
Kohle	1,5—2 „		

*) Man beachte die gänzliche Abwesenheit des Kalks in diesem Satze und schliesse daraus auf die Zuverlässigkeit derartiger Rezepte.
**) Henrivaux, 234.

19) Glassatz der Hütte von Bagneaux*).

Sand	100 kg	Kohle	2 kg
Glaubersalz	42 „	Brocken	100—200 „
Kalkstein	34 „		

20) Englisches Krownglas.

Sand, weisser	100 kg	Salpeter	4 kg
Mennige	75 „	Glasbrocken	100 „
Pottasche, gereinigte .	35 „		

21) Krownglas nach Bontemps.

Sand, weisser	100 kg	Kreide	8 kg
Pottasche, gereinigte . .	30 „	Arsenik	0,5 „
Soda, reine	16 „		

22) Eine andere Vorschrift.

Sand, weisser	100 kg	Mennige	5 kg
Pottasche, gereinigte . .	40 „	Braunstein	0,2 „
Borax	5 „		

23) Eine andere Vorschrift.

Sand, weisser	100 kg	Kohlens. Strontian . .	33 kg
Kohlens. Kalk (Marmor)	30 „	Braunstein	0,2 „
Soda, reine	22 „		

24) Schweres Krownglas.

Sand, weisser	100 kg	Witherit	44 kg
Pottasche, gereinigte . .	30 „	Braunstein	0,2 „
Soda, reine	32 „		

Scholl hat das Lithium zur Herstellung von Gläsern zu verwenden gesucht, in der Hoffnung, dass dasselbe vermöge seines niedrigen Atomgewichts besondere, es zu optischen Zwecken vorzugsweise brauchbar erscheinen lassende Eigenschaften des Produkts bedingen möchte. Zunächst überraschte dabei die Thatsache, dass das Lithium nicht den Kalk im Glase ersetzen, dass es vielmehr nur an Stelle der Alkalien treten könne; dann ergab sich, dass das Glas spezifisch leichter werde, dass es sich leicht in der für optische Gläser so wichtigen Ho-

*) Henrivaux 234. Solches Glas, weiss und von guter Beschaffenheit, war 1878 in Paris ausgestellt.

mogenität gewinnen lasse, dass aber vermöge seiner Brechungs- und Dispersionsverhältnisse das Lithiumglas so wenig von dem Durchschnitte der übrigen Krowngläser sich entferne, dass seine Verwendung zu optischen Zwecken unthunlich erscheint.

Die von Scholl verwendeten Sätze waren:

	I	II	III
Sand	132,0	120,0	240,0
Kohlensaures Lithion	37,0	44,4	100,0
Soda	42,4	42,4	85,0

aus denen sämtlich ein gutes Glas resultierte.

C. Spiegelglas.

Während die Fabrikation der geblasenen Spiegelgläser solange ihre Grösse innerhalb mässiger Grenzen sich hält, kaum von der des guten Tafelglases unterschieden ist und daher auch kaum anderer Glassätze bedarf, als diese, sah man sich zu einer Zeit, da der Spiegelguss noch nicht bekannt war, in dem Bestreben möglichst grosse Spiegelscheiben (solche von 3 qm Fläche gehörten nicht zu den Seltenheiten) zu blasen, veranlasst verhältnismässig weiche Sätze zur Herstellung derselben in Anwendung zu bringen. Die schon an einer früheren Stelle angeführten Analysen Webers, nach welchen z. B. solche Gläser aus

Kieselsäure	74,21	72,66	74,29
Kali . .	4,20	4,36	7,10
Natron .	16,45	16,57	13,74
Kalk . .	3,95	4,26	3,49
Magnesia .	0,65	—	—
Thonerde .	0,88	1,44	1,23
	100,34	99,29	99,85

bestanden, sowie die von Benrath*) mitgeteilten und zwar von

	venezianischem nach Stein	böhmischem nach Peligot	russischem nach Benrath	nach Vogel u. Reischau
Kieselsäure	72,46	67,70	62,29	65,16
Kali	11,64	21,00	21,12	22,31
Natron	8,70	—	6,78	2,47
Kalk	7,24	9,90	6,56	4,69
Thonerde, Eisenoxyd u. Mangan	—	1,40	3,25	3,39
	100,04	100,00	100,00	98,02

geben dies ohne weiteres zu erkennen und lassen die von Weber konstatierten Mängel: Korrosion durch salzsaure Dämpfe, Rauhwerden durch Erhitzen, Beschlagen und Blindwerden an der Luft leicht erklärlich erscheinen.

Dasselbe gilt von den folgenden beiden Sätzen für böhmisches Spiegelglas

---

*) Glasfabrikation, 423.

I.

Quarz	100 kg	Arsenik	1,6 kg
Pottasche, gereinigte .	66,5 „	Braunstein	0,2 „
Marmor	33 „	Kobaltoxyd	0,01 „
Salpeter	6,5 „		

II.

Quarz	100 kg	Arsenik	1,6 kg
Pottasche, gereinigte .	70 „	Braunstein	0,2 „
Kalkhydrat	20 „	Schmalte	0,025 „
Salpeter	6,5 „		

selbst wenn die in denselben angeführte gereinigte Pottasche nicht einmal sehr hochprozentig gewesen. Für 90 Prozent Pottasche würde beispielsweise Nr. II ergeben

	in Prozenten	in Aequivalenten
Kieselsäure	62,1	6,1
Kalk	9,4	1
Kali	28,3	1,8

entsprechend einer weitaus zu grossen Basizität.

Aber auch nach Einführung des Gussspiegelglases hielt man noch lange an leicht schmelzbaren Gemengen fest, um bei der verhältnismässig geringen Leistungsfähigkeit der alten Oefen ein recht flüssiges Glas für den Guss zu erhalten. Ausserdem war unter den Praktikern ganz allgemein die Ansicht verbreitet, dass ein gewisser Kalkgehalt allerdings notwendig, ein zu hoher aber die Schönheit, überhaupt die Qualität des Glases beeinträchtige. Namentlich schrieb man dem Kalk färbende Eigenschaften zu, was bei der grossen Stärke der gegossenen Platten allerdings schwer ins Gewicht fallen musste. Dass selbst ein geringer Eisengehalt eines Kalksteins hier sehr unangenehm bemerkbar werden muss, ist einleuchtend, wenn aber Allut*) dem Kalk die Eigenschaft beilegt, das Glas mehr oder weniger gelb zu färben, so dürfte dies vielleicht auf einen Gehalt an organischer Substanz des verwendeten Kalksteins zurückzuführen sein.

Aus den angeführten Gründen sind die älteren Sodasätze für gegossenes Spiegelglas durchweg sehr basisch gehalten und gleichzeitig kalkarm, wie die nachstehend mitgeteilten unschwer erkennen lassen:

Aeltere Soda-Sätze für Gussspiegelglas.

1)	Sand, weisser	100 kg	Glasbrocken	100 kg
	Soda, reine	35 „	Salpeter	2 „
	Kalkhydrat	20 „	Braunstein	0,25 „
2)	Sand, weisser	100 kg	Kalkhydrat	16 kg
	Soda, gereinigte . .	30 „	Glasabfälle	100 „
	Pottasche, gereinigte .	7 „		

*) Encyclopädie par ordre de matières: „Glases".

3) Sand, weisser . . .	100	kg	Kalkhydrat	14	kg
Soda	33	„	Glasabfälle	100	„

4) Sand, weisser . . .	100	kg	Braunstein	0,5	kg
Soda	30	„	Salpeter	2	„
Pottasche, gereinigte .	6	„	Glasabfälle	100	„
Kalkhydrat	12	„			

Zwangen wohl einerseits Konkurrenzrücksichten allmählich die Spiegelgiessereien nach billigeren Gemengen sich umzusehen, so boten denselben gleichzeitig das Reinigungsverfahren für Glaubersalz einerseits, wie die Regenerativfeuerung anderseits die Mittel, jenes Bedürfnis zu befriedigen und es kommen mit dem Schlusse des fünften Jahrzehnts unseres Jahrhunderts daher kalkreiche Glaubersalzsätze in Aufnahme, welche der Normalzusammensetzung vollkommen entsprechende Gläser liefern.

Henrivaux teilt Analysen älteren und neueren Gussspiegelglases von St. Gobain mit, welche diesen Unterschied recht deutlich erkennen lassen:

Gussspiegelglas von St. Gobain

	älterer Produktion.		jetziger Produktion.	
	Prozente	Aequivalente	Prozente	Aequivalente
Kieselsäure .	77,1	12,2	72,1	4,3
Kalk . . .	6,0	1,0	15,7	1,0
Natron . .	16,2	2,5	12,2	0,7
Thonerde und Eisenoxyd .	0,7		Spur	
	100,0		100,0	

während die Normalformel im ersten Falle 21,75 Kieselsäure, im zweiten aber 4,47 Kieselsäure erfordern würde. Zwischen beiden mitten inne steht der von Graeger mitgeteilte Glaubersalzsatz

Sand, weisser . . .	100	kg
Glaubersalz	35	„
Kohlensaurer Kalk . .	26	„
Holzkohle	2,5	„
Salpeter	2	„
Braunstein	0,25	„

während nach Jäckel*) auf dem Aachener Etablissement der Gesellschaft von St. Gobain

Glassatz			Glas berechnet	Glas Analyse	Aequivalente gefunden	Aequivalente normal
Sand . . .	100	Kieselsäure .	72,29	72,31	4,5	4,47
Kalkstein . .	38	Kalk . . .	15,57	14,96	1,0	1,00
Glaubersalz .	38	Natron . .	12,14	11,42	0,7	0,70
Kohle . . .	2,5	Thonerde . .	—	0,81	—	—
Arsenik . .	0,4		100,00	90,50		

*) Dingler, 161. 113.

in Anwendung gekommen und auch die folgenden Analysen lassen auf ganz ähnliche Glassätze schliessen:

	Glas von Montlücon (Henrivaux)	Deutsches Glas (Henrivaux)	Glas von St. Gobain (Pelouze)
Kieselsäure .	69,3	70,27	72,1
Kalk . . .	15,8	15,86	15,5
Natron . .	13,4	13,66	12,4
Thonerde und Eisenoxyd .	1,5	0,21	—
	100,0	100,00	100,0

D. Sätze für Weisshohlglas und böhmisches Kristallglas.

Das Weisshohlglas wird in den verschiedensten Qualitäten erzeugt, als halbgrünes, ordinäres, weisses Glas in mehrfachen Abstufungen je nach dem Zwecke der Verwendung, dann endlich als Schleifglas oder Kristall, welch letzterer von dem eigentlichen französischen und englischen Kristallglase sich dadurch unterscheidet, dass er kein Bleioxyd enthält, sondern ein Kalikalkglas von verhältnismässig hohem Kali- und Kieselsäuregehalt repräsentiert, das vermöge seiner bedeutenden Härte äusserst politurfähig und dauerhaft ist. Wie bei den andern bisher betrachteten Glassorten, finden wir auch unter den ältern Hohlgläsern Zusammensetzungen von grosser Basizität bei gleichzeitig niedrigem Kalkgehalte, welcher letztere oft nicht die Hälfte, kaum ein Drittel des Alkaligehaltes ausmacht. Doch hat die neuere Zeit auch in dieser Beziehung Fortschritte gemacht und gezeigt, dass auch zu Hohlglas kalkreiche Gemenge nicht nur sehr wohl sich verarbeiten lassen, dass sie vielmehr in Bezug auf Bildsamkeit, Elastizität und hohen Glanz vor kalkärmeren sich vorteilhaft auszeichnen und es sind daher heute Hohlgläser mit gleichen Aequivalenten Kalk und Alkali keine Seltenheit, ja es überwiegt der erstere das letztere stellenweise nicht unbedeutend, namentlich wenn durch gleichzeitige Verwendung von Kali und Natron allzugrosser Strengflüssigkeit vorgebeugt wurde. Im allgemeinen wird man für das Verhältnis Kalk : Alkali die Grenzwerte 1 : 0,8 und 1 : 1,6 festhalten können und danach die Zusammensetzung des Glasses selbst nach der Normalformel in Aequivalenten schwanken

Kieselsäure	von	4,94	—	9,75
Kalk	„	1	—	1
Alkali	„	0,8	—	1,5

wonach die prozentale Zusammensetzung für

Natronglas				Kaliglas			
Kieselsäure	74	—	79,5	Kieselsäure	69,5	—	74,8
Kalk . .	14	—	7,6	Kalk . .	13,0	—	7,2
Natron . .	12	—	12,9	Kali . .	17,5	—	18,0
					100,0		100,0

während bei Kristall das Verhältnis Kalk : Alkali selbst bis auf 1 : 2 herabgeht, so dass eine Zusammensetzung

	in Aequivalenten	in Prozenten
Kieselsäure	15	78,6
Kalk . .	1	5,0
Alkali . .	2	16,4

resultiert.

Nachstehend einige ältere und neuere Sätze für die verschiedenen Weissglassorten.

1) Böhmisches weisses Glas.

Sand, weisser	100	kg	Salpeter	1,6	kg
Pottasche, gereinigte .	50	„	Braunstein	0,08	„
Kreide	20	„	Glasabfall	100	„

2) Dieselbe Gattung Glas.

Sand, weisser . . .	100	kg	Arsenik	0,4	kg
Pottasche, gereinigte .	58	„	Braunstein	0,3	„
Kalkhydrat	12	„	Glasabfall	100	„
Salpeter	8,5	„			

3) Böhmisches Kristall-Schleifglas.

Sand, weisser	100	kg	Arsenik	0,3	kg
Pottasche, gereinigte . .	32	„	Braunstein	0,2	„
Kalkhydrat	13	„	Glasabfall	100	„

4) Feines weisses Glas.

Sand, weisser	100	kg	Salpeter	2	kg
Pottasche, gereinigte .	50	„	Braunstein	0,2	„
Kreide	20	„	Glasabfall	100	„

5) Ordinäres weisses Glas zu Retorten, Kolben etc.

Sand, weisser	100	kg	Braunstein	0,5	kg
Pottasche, gereinigte .	35	„	Kalkhydrat	17	„
Holzasche	100	„	Glasabfall	100	„

6) Eine ähnliche Art Glas.

Sand	100	kg	Braunstein	0,5	kg
Pottasche, gewöhnliche .	60	„	Glasabfall	100	„
Kalkhydrat	16	„			

7) Medizinglas.

Sand	100 kg	Salpeter	8 kg
Kalkhydrat	10 „	Arsenik	0,6 „
Pottasche, amerikanische	40 „	Braunstein	0,2 „
Kochsalz	16 „	Glasabfall	100 „

8) Zu weissen Glasflaschen.

Sand	100 kg	Salpeter	8 kg
Kalkhydrat	8 „	Arsenik	0,5 „
Pottasche, amerikanische	60 „	Braunstein	0,3 „

9) Weisses Glas.

Sand, weisser . . .	100 kg	Kalkhydrat	10 kg
Pottasche, gereinigte .	45 „	Glasabfall	100 „
Soda	4,5 „		

10) Weisses Glas.

Sand, weisser	100 kg	Kalkhydrat	16 kg
Soda	30 „	Braunstein	0,3 „
Pottasche, gereinigte .	6 „	Glasabfall	100 „

11) Ordinäres weisses Glas.

Sand	100 kg	Braunstein	0,3 kg
Soda	33 „	Glasabfall	100 „
Kalkstein	25 „		

12) Halbweisses Glas.

Sand, weisser	100 kg	Kohle	2,5 kg
Glaubersalz, gereinigtes .	35 „	Braunstein	0,4 „
Pottasche	7 „	Glasabfall	100 „
Kalkstein	24 „		

13) Böhmische Verbrennungsröhren.

Sand, weisser	100 kg	Kalkhydrat	18 kg
Pottasche	40 „		

E. Sätze für Bleikristall.

Das Kristallglas verlangt ganz besonders reine, namentlich von allen färbenden und kohlehaltigen Körpern freie Materialien. 100 Ge-

wichtsteile Satz liefern im Durchschnitt 86 Gewichtsteile rohen Kristall und rechnet man in der Regel 70 Teile auf fertige Ware und 16 Teile Abfall.

Aus den Analysen zahlreicher brauchbarer Kristallgläser geht hervor, dass auch auf diese eigenartige Glasgattung die Normalformel Anwendung finden kann.

So enthielt z. B.

	I Flintglas (Weber)	II Französisch. Kristall (Benrath)	III Englisch. Kristall (Berthier)	IV Englisch. Kristall (Faraday)
Kieselsäure . .	45,42	48,1	51,4	55,13
Bleioxyd . . .	47,06	38,0	37,4	31,20
Kalk	—	0,6	—	—
Kali	6,80	12,5	9,4	13,51
Eisenoxyd und Thonerde . .	0,82	0,5	2,0	—
Magnesia . . .	0,36	—	—	—
	100,46	99,7	100,2	99,84

oder in Aequivalenten ausgedrückt

	I	II	III	IV
Kieselsäure	3,5	4,7	5,1	6,5
Bleioxyd .	1	1	1	1
Kali . .	0,33	0,8	0,7	1

während die Formel verlangen würde

	I	II	III	IV
Kieselsäure	3,3	4,9	4,57	6,0
Bleioxyd .	1	1	1	1
Kali . .	0,3	0,8	0,7	1

Wenn aber im Widerspruche hiermit einerseits eine grosse Anzahl von Kristallen weit höher siliziert ist, z. B.

	Kristallglas (Weber Nr. 44)	Kristalle von Couache (Berthier)		Kristall von London (Berthier)
Kieselsäure .	53,70	56,0	61,0	59,2
Bleioxyd . .	37,02	34,4	33,0	28,2
Kali . . .	7,36	6,6	6,0	9,0
Natron . .	0,70	—	—	—
Eisenoxyd und Thonerde .	1,12	1,0	—	1,4
	99,90	98,0	100,0	97,8

deren Aequivalentverhältnis sich zu

I	II	III	IV
5,3 : 1 : 0,5	6 : 1 : 0,4	6,7 : 1 : 0,4	7,9 : 1 : 0,8

berechnet, während die Formel verlangen würde

I	II	III	IV
3,75 : 1 : 0,5	3,48 : 1 : 0,4	3,36 : 1 : 0,4	4,92 : 1 : 0,8

anderseits aber die von Weber analysierten Flintgläser

	Nr. 48	Nr. 49
Kieselsäure	40,65	33,35
Bleioxyd .	51,18	62,36
Kalk . .	0,22	0,50
Kali . .	6,62	3,11
Thonerde .	0,77	1,20
Magnesia .	—	0,07
	99,44	100,59

entsprechend dem Aequivalentverhältnis

2,9 : 1 : 0,3 und 1,9 : 1 : 0,1

anstatt 3,37 : 1 : 0,3 3,0 : 1 : 0,1

enthielten, so beweisen jene nur, dass die Leichtflüssigkeit des kieselsauren Bleioxyds, welches noch als Trisilikat für sich allein zu völlig durchsichtigem Glase schmilzt, den Bleikristall höher zu silizieren gestattet, als die Alkalikalkgläser, während diese als optische Gläser weniger mit Rücksicht auf Dauerhaftigkeit, als auf grosses Brechungsvermögen komponiert erscheinen, durch die von Weber konstatierten Mängel aber ihre fehlerhafte Zusammensetzung genugsam dokumentieren. Dahingegen nähern sich die Halbkristalle, bei denen aus Billigkeitsrücksichten ein Teil des Bleioxyds durch Kalk oder Baryt, oder gleichzeitig durch beide ersetzt wurde, wieder mehr der Normalzusammensetzung, obgleich auch sie infolge des Bleigehalts immerhin noch hoch siliziert erscheinen, so z. B.

Halbkristalle.

	I*)	II**)		III***)
Kieselsäure	61,9	65,5		57,5
Bleioxyd .	16,0	16,0		25,4
Kalk . .	4,5	9,1		4,1
Baryt . .	6,3	—		—
Kali . .	11,3	—		11,9
Natron .	—	9,4	Thonerde	1,1
	100,0	100,0		100,0

deren Aequivalentverhältnis sich zu

	I	II	III
Kieselsäure	5,4	4,7	5,0
Bleioxyd, Kalk, Baryt	1	1	1
Alkali . .	0,6	0,7	0,7

*) Mastrichter Halbkristall, mitgeteilt von Nehse in Benraths Glasfr. 297.

**) Halbkristall nach Schür.

***) Halbkristall, mitgeteilt im Sprechsaal 1880. 222.

berechnet, während die Formel

	I	II	III
Kieselsäure	4,1	4,5	0,47
Bleioxyd, Kalk, Baryt	1	1	1
Alkali . .	0,6	0,7	0,7

bedingen würde.

Das Bemühen aber möglichst hoch silizierte Kristalle zu erzeugen erscheint nicht nur durch das Streben nach grösserer Widerstandsfähigkeit und Wohlfeilheit gerechtfertigt, man trachtete auch, wenn gleichzeitig bei verringertem Bleioxydgehalt das Alkali vermehrt wurde, zielbewusst nach reinerer Farbe des Produkts, da starke bleihaltige Gläser nur zu gern ins Gelbliche stechen. Zu berücksichtigen bleibt indessen stets, dass solche härtere Sorten mit Erfolg nur da erzeugt werden können, wo Holz- oder Gasfeuerung das Schmelzen in offenen Häfen ermöglicht, während in geschlossenen Häfen, der weniger energischen Einwirkung der Wärme wegen, leichtflüssige Gemenge zu verwenden sind. Selbstverständlich nimmt aber auch gleichzeitig mit dem Bleioxydgehalte das spezifische Gewicht, der Glanz, das Lichtbrechungs- und Zerstreuungsvermögen ab und das Produkt nähert sich in seinen Eigenschaften mehr und mehr dem geringeren Halbkristall.

Was das Gemenge selbst anbetrifft, so würden die oben angeführten normal zusammengesetzten Sorten bei Verwendung einer kalcinierten 90 prozentigen Pottasche erfordern

	I	II	III	IV
Sand . .	100	100	100	100
Mennige .	108	81	74	58
Pottasche	24	43	35	40

während für die härteren Kristalle sich nachstehende Sätze ergeben

	I	II	III	IV
Sand . .	100	100	100	100
Mennige .	73	63	56	48
Pottasche	24	17	15	26

für die ganz weichen optischen Gläser aber dieselben sich zu

	I	II
Sand . .	100	100
Mennige .	130	200
Pottasche	26	14

berechnen, von welchen letzteren jedoch, wie schon früher bemerkt, Nr. I ein Glas gibt, welches zum Beschlagen neigt, während das aus Nr. II erschmolzene Glas an frischen Schliffflächen schon nach kurzer Zeit regenbogenfarbige Beschläge zeigt. Von den zuerst aufgeführten mittleren Sätzen liefert namentlich Nr. I ein unveränderliches Flintglas.

Da alles Bleiglas, wie schon bemerkt, etwas ins Gelbliche fällt und zwar um so mehr, als der Bleioxydgehalt steigt, so sind den Sätzen noch gewisse Mengen von Entfärbungsmitteln, Braunstein, Nickeloxyd, letzteres entweder rein oder mit Kobaltoxyd oder Antimonoxyd gemengt, zuzusetzen, deren richtige Menge zu bestimmen in der Regel dem Schmelzer überlassen bleibt. Ausserdem wird ein Teil des Kalis als Salpeter in das Gemenge gebracht, da des letztern Sauerstoffgehalt dazu dient etwaige organische Beimischungen zu oxydieren und eine Reduktion des Bleioxyds zu verhindern. Sätze für optische Gläser enthalten endlich zuweilen nicht unbedeutende Mengen von Borax, dessen Borsäuregehalt dann bei der Kieselsäure, dessen Natrongehalt bei dem Kali zu berechnen ist.

Um in dem optischen Glase die lichtbrechende Kraft zu erhöhen, hatte in der neuesten Zeit Lemy versucht, das Bleioxyd durch Thalliumoxyd zu ersetzen. Durch Zusammenschmelzen von 300 Tln. Sand, 400 Tln. kohlensaurem Thalliumoxyd und 100 Tln. kohlensaurem Kali wird ein leicht schmelzbares und leicht raffinierbares Glas erhalten; allein die erkaltete Masse ist nicht homogen, die oberen Schichten im Tiegel sind weniger gelb, spezifisch leichter und weniger reich an Thallium. Ein Gemenge von

300 Teilen Sand,
200 „ Mennige und
335 „ kohlensaurem Thalliumoxyd

schmilzt leichter und lässt sich feiner raffinieren als der vorige; das Glas ist völlig homogen, besitzt eine angenehme gelbe Farbe und ein spezifisches Gewicht von 4,235; es ist also schwerer als jedes andere bisher bekannte Glas. Durch Veränderung der Thalliummenge werden Gläser erhalten, deren spezifisches Gewicht zwischen 4,235 und 5,625 variiert. Es kann daher das Thallium besser das Kalium als das Blei im Glase ersetzen.

Nachstehend einige Sätze für die verschiedensten Arten der Bleigläser.

1) Englischer Bleikristall.

Sand, weisser	100 kg	Braunstein	0,2 kg
Mennige	80 „	Glasabfall	100 „
Pottasche, gereinigte	40 „		

2) Englisches Kristallglas in offenen Häfen.

Sand, weisser	100 kg	Pottasche, gereinigte	30 kg
Mennige	58 „	Glasabfall	100 „

3) Leichter Bleikristall in offenen Häfen.

Sand, weisser	100 kg	Salpeter	8 kg
Mennige	42 „	Braunstein	0,2 „
Pottasche, gereinigte	33 „	Brocken	100 „

4) Dieselbe Art Kristall in offenen Häfen.

Sand	100 kg	Salpeter	5 kg
Mennige	30 „	Braunstein	0,25 „
Pottasche, gereinigte .	45 „	Brocken	100 „

5) Ordinärer Kristall in offenen Häfen.

Sand	100 kg	Kochsalz	13 kg
Mennige	30 „	Arsenik	1 „
Pottasche	17 „	Brocken	100 „
Salpeter	8,5 „		

6) Feiner Kristall in offenen Häfen.

Sand, weisser	100 kg	Arsenik	0,3 kg
Mennige	45 „	Braunstein	0,2 „
Pottasche, gereinigte .	35 „	Brocken	100 „

7) Feiner Kristall in bedeckten Häfen.

Sand, weisser	100 kg	Arsenik	0,3 kg
Mennige	67 „	Braunstein	0,2 „
Pottasche, gereinigte .	35 „	Brocken	100 „

8) Dieselbe Art, bedeckte Häfen.

Sand, weisser	100 kg	Arsenik	0,25 kg
Mennige	67 „	Braunstein	0,2 „
Pottasche, gereinigte .	28 „	Brocken	100 „
Salpeter	6 „		

9) Einige andere Vorschriften für bedeckte Häfen.

Sand	100 kg	Arsenik	0,3 kg
Mennige	66 „	Braunstein	0,2 „
Pottasche	30 „	Brocken	100 „
Salpeter	3 „		

10.

Sand, weisser	100 kg	Pottasche, gereinigte . .	33 kg
Mennige	66 „		

11.

Sand, weisser	100 kg	Pottasche, gereinigte . .	20 kg
Mennige	60 „		

12.

Sand, weisser	100 kg	Pottasche, gereinigte . .	36 kg
Mennige	55 „	Arsenik	1 „

13.

Sand, weisser	100 kg	Salpeter	3,5 kg
Mennige	70 „	Borax	4 „
Pottasche, gereinigte .	26 „		

14.

Sand, weisser	100 kg	Salpeter	16 kg
Mennige	42 „	Braunstein	0,5 „
Pottasche, gereinigte .	34 „		

F. Optische Gläser.

1) Flintglas nach Guinand.

Sand, weisser . . .	100 kg	Salpeter	1,33 kg
Mennige	100 „	Braunstein	0,45 „
Pottasche, amerik. ger.	23 „	Arsenik	0,45 „
Borax	1,75 „	Brocken	22 „

2) Flintglas nach Bontemps.

Sand, weisser	100 kg	Soda, reinste	30 kg
Mennige	100 „		

3) Flintglas nach Bontemps.

Sand, weisser	100 kg	Pottasche, gereinigte .	23 kg
Mennige	100 „	Borax	6,5 „

4) Ebenfalls nach Bontemps.

Sand, weisser	100 kg	Pottasche, gereinigte .	26 kg
Bleioxyd, reines . . .	100 „	Salpeter	6,75 „

5) Leichtes Flintglas für photographische Objektive von Chance.

Sand	100 kg	Pottasche	30 kg
Mennige	67 „	Salpeter	3,33 „

6) Schweres Flintglas für Fernrohre von demselben.

Sand	100 kg	Pottasche	26,66 kg
Mennige	105 „	Salpeter	4,8 „

7) Extraschweres Flintglas für Mikroskope von demselben.

Sand	100 kg	Pottasche	25 kg
Mennige	128 „	Salpeter	2 „

G. Sätze für grünes Flaschenglas.

Die in der Grünglasfabrikation angewendeten Rohmaterialien sind äusserst mannigfaltig und werden hauptsächlich durch örtliche Verhältnisse bedingt. Da die hierher gehörige Handelsware einen ziemlich niedrigen Preis hat, so ist man überall darauf angewiesen, diese Materialien aus möglichster Nähe zu beziehen.

Eisen- und kalkhaltiger Sand, die verschiedenen Thone, alkalihaltige Mineralien, wie die Feldspatarten, Laven, Basalte, Seesand und Seeschlamm, natürlich vorkommende Baryt- und Strontianverbindungen können in vielen Fällen mit grossem Vorteil angewendet werden, besonders da die Abnehmer dieser Produkte auf deren Farbe kein allzugrosses Gewicht zu legen pflegen. Dagegen ist eine vollkommene Verglasung unerlässliche Bedingung, damit das Glas die nötige Festigkeit und Dauerhaftigkeit besitze, um den Flüssigkeiten, zu deren Aufbewahrung sie dienen sollen, den nötigen Widerstand entgegensetzen und auch durch dieselben nicht chemisch zerlegt werden können.

Aber noch zahlreicher, als die Materialien, sind die Glasgemenge, die zur Hervorbringung von Glas benutzt werden; die wenigen Vorschriften, die wir im folgenden mitteilen, sollen nur einen Begriff von der Anwendung der verschiedenen Materialien geben; wieviel man deren einem Satze einverleiben darf, hängt einesteils von ihrer Schmelzbarkeit, andernteils vom Gange des Ofens ab. In Frankreich frittet man gewöhnlich den Satz in einem der Nebenöfen, ehe er in den Häfen verschmolzen wird, ein Brauch, der in mehr als einer Beziehung gerechtfertigt ist und darum Nachahmung verdient.

Man rechnet, dass der Satz 80 Prozent geschmolzenes Glas liefere, und dass hieraus 72 Prozent geblasene Flaschen und 8 Prozent Brocken erhalten werden. Die grosse Verschiedenheit in der Zusammensetzung der zum Satze verwendeten Materialien bedingt es jedoch offenbar, dass hier selbst beträchtliche Abweichungen vorkommen müssen; eine solche Unsicherheit ist namentlich da vorhanden, wo in den Satz grosse Mengen von Holzasche aufgenommen werden, deren unlösliche Teile, je nach der Beschaffenheit des Bodens, auf welchem das zur Asche verbrannte Holz gewachsen ist, vorzugsweise entweder aus kohlensauren Erden (Kalk- und Bittererde) oder aus Kieselsäure bestehen; erstere verlieren aber beim Verschmelzen mehr als 44 Prozent von ihrem Gewicht, letztere gar nichts. Man muss also, wenn man den beim Einschmelzen

eines Satzes zu gewärtigenden Verlust berechnen will, wissen, mit welcher Art von Holzasche man es zu thun hat. Doch bleibt für dieselbe Gegend die Zusammensetzung der Holzasche im allgemeinen stets gleich, d. h. man hat entweder kalkerde- oder kieselreiche Asche. Wenn eine Asche viel schwefelsaures Kali enthält, so muss auch auf den hierdurch entstehenden Verlust Rücksicht genommen werden. Aehnlich wie bei der Asche verhält es sich auch mit einigen andern Materialien von wechselnder Zusammensetzung, wie von Basalten, Laven, Feldspaten etc. und der Glasfabrikant sollte sie schon aus andern Gründen niemals verwenden, ohne davon eine genaue chemische Analyse gemacht zu haben.

Die Rücksicht auf die Billigkeit des Produkts gebietet vor allem Sparsamkeit in der Verwendung der teuern Alkalien und sind aus diesem Grunde alle Grüngläser verhältnismässig sehr arm an jenen. Ist daher das Bouteillenglas vorwiegend als ein Kalksilikat zu betrachten, zu welchem wegen der Unreinheit der Rohmaterialien oft genug nicht unbedeutende Mengen von Thonerde- und Magnesiasilikat sich gefallen, so darf es nicht auffallen wenn die Silizierungsstufe dieser Gläser beträchtlich hinter der normalen zurückbleibt, denn wenn bei dem sehr geringen Alkaligehalt die Widerstandsfähigkeit der Grüngläser schon gesichert ist, sobald dieselben einem Bisilikate entsprechend zusammengesetzt sind, so verbietet sich eine Vermehrung des Kieselsäuregehaltes um so mehr, als die erwähnten Beimengungen das Glas so schwer schmelzbar machen würden, dass seine Erzeugung und Verarbeitung in unsern Oefen kaum noch ausführbar sein würde. Sieht sich der Flaschenfabrikant doch schon veranlasst, unter Umständen den sonst so unliebsamen Gast, das Eisen, als Flussmittel freudig zu begrüssen und ohne dies hat er nur zu oft mit Entglasungserscheinungen zu kämpfen.

Ausser den bereits früher mitgeteilten Analysen von Flaschenglas mögen hier noch drei neuere von französischem Glase*) folgen und zwar

	I. Kognak	II. Bordeaux	III. Champagne
Kieselsäure .	62,54	61,75	61,90
Thonerde . .	4,42	7,10	4,44
Eisenoxyd . .	1,34	2,70	1,85
Kalk . . .	20,47	19,60	17,95
Magnesia . .	5,41	4,55	6,18
Natron . . .	4,73	4,10	6,16
Manganoxyd .	4,73	0,11	6,16
Kali . . .	0,94	0,11	1,13
Schwefelsäure	0,10	0,09	0,17
	99,95	100,00	99,98

deren Aequivalentverhältnis

für I und II 2,0 : 1 : 0,1
„ III 2,0 : 1 : 0,2

ist.

*) Henrivaux, pag. 29.

Bei der grossen Mannigfaltigkeit und variabeln Zusammensetzung der Rohmaterialien ist die Angabe von Glassätzen für die Bouteillenfabrikation strenggenommen ohne Wert, wenn nicht gleichzeitig genaue Analysen jener angeführt werden. Auf Grund der letzteren aber ist es leicht, für die verschiedensten Materialien passende Zusammenstellungen zu ermitteln.

Gesetzt, es sollte ein Gneis des sächsischen Erzgebirges von der Zusammensetzung*)

Kieselsäure .	64,17
Thonerde . .	13,87
Eisenoxydul .	6,40
Kalk . . .	2,74
Magnesia . .	2,21
Kali u. Natron	7,63
Wasser . .	1,01
	98,03

zur Herstellung von Flaschenglas benutzt werden, und ausserdem ein Sand von 95 Prozent Kieselsäure, 5 Prozent Eisenoxyd und 5 Prozent Thonerde, sowie ein Kalkstein von 91 Prozent kohlensaurem Kalk, 5 Prozent Kieselsäure und 4 Prozent Eisenoxyd und Thonerde zur Verfügung stehen, so würde man aus dem Satze

100 Gneis,
70 Kalkstein,
60 Sand

erhalten

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	$KO + NaO$	Summa
in 100 Gneis	64,17	13,87	6,40	2,74	2,21	7,63	97,02
in 70 Kalkstein	3,00	2,40	—	35,70	—	—	41,10
in 60 Sand	54,00	3,00	3,00	—	—	—	60,00
	121,17	19,27	9,40	38,44	2,21	7,63	198,12

wonach die Zusammensetzung des Glases sich berechnet

	in Prozenten			in Aequivalenten
Kieselsäure	61,2	=		2,04
Thonerde .	9,6	=	0,18	
Eisenoxyd .	4,7	=	0,11	1,03
Kalk . .	19,4	=	0,69	
Magnesia .	1,1	=	0,05	
Alkali . .	4,0	=		0,10
	100,0			

und somit rücksichtlich des Aequivalentverhältnisses derjenigen der oben angeführten Gläser Nr. I und II vollkommen entsprechen wird.

In älteren und neueren Quellen finden sich ausserdem noch folgende Sätze für Grünglas angegeben. Den einzelnen Berechnungen ist eine Holzasche mit 15 Prozent kohlensauren Alkalien (Kali und Natron)

*) Scheerer, die chemische Konstitution der Plutonite, p. 13. Ein Gehalt von 1,03 Prozent Titansäure ist vernachlässigt.

zu Grunde gelegt; aus ihrer speziellen Analyse ergab sich, dass sie, ihre absolute Trockenheit vorausgesetzt, in der Schmelze 33 Prozent an Gewicht verlieren würde.

1) Zu Champagnerflaschen.

Sand, gelber	100 kg	Basalt	50 kg
Holzasche	160 „		

2) Grüne Flaschen.

Sand, gelber	100 kg	Holzasche	40 kg
Varec-Soda	30 „	Thon, gelber	100 „
Ausgelaugte Asche	165 „		

3.

Seeschlamm	100 kg	Holzasche	150 kg
Hohofenschlacken	50 „		

4.

Sand, gelber	100 kg	Holzasche	200 kg
Kalkhydrat	20 „		

5.

Sand, gelber	100 kg	Pottasche	26 kg
Holzasche	65 „	Kochsalz	10 „
Kalkhydrat	18 „		

6.

Sand	100 kg	Schwerspat	10 kg
Kalkstein	30 „	Holzasche	150 „
Thon	15 „		

7.

Sand	100 kg	Lava vom Drachenfels	25 kg
Glaubersalz	26 „	Kalkstein	30 „
Holzasche	150 „	Koks	3 „

8.

Lava vom Drachenfels	100 kg
Holzasche	80 „

9.

Feldspat	100 kg	Kalkstein	30 kg
Sand	34 „	Holzasche	60 „

10.

Rhonesand	100 kg	Kalkstein	10 kg
Glaubersalz	8 „	Kohle	6 (?) „

11.

Sand, gewöhnlicher . .	10 kg	Kalkstein	5 kg
Torfasche	20 „	Glasbrocken	50 „
Glaubersalz	15 „		

12.

Mergel, gesiebt und getrocknet	100 kg	Abraumsalz, Stassfurter .	16 kg
Ausgelaugte Holzasche*)	66 „	Soda	6,5 „
		Braunstein	6,5 „

13.

Sand, gelber	100 kg	Torfasche	14 kg
Mergel**)	70 „	Soda	30 „
Ausgelaugte Holzasche .	100 „		

14.

Sand	100 kg	Torfasche	14 kg
Mergel	70 „	Glaubersalz	37 „
Ausgelaugte Holzasche .	100 „	Kohle	8 „

15.

Lehm, gesiebt am besten aus verwittertem Basalt	50 kg	Sand	50 kg
Mergel	250 „	Seifensiederäscher . .	100 „
		Soda	55 „

Allen vorstehenden Glasgemengen gibt man beim Verschmelzen bis zur Hälfte ihres Gewichts einen Zusatz an Glasbrocken.

---

*) Eine Analyse eines solchen Aeschers ergab in 100 Teilen:

Kohlensauren Kalk .	66,50	Kieselsäure	0,29
Kali	0,65	Phosphorsäure . .	0,61
Bittererde	2,00	Aufl. Kieselsäure .	2,00
Thonerde u. Eisenoxyd	8,10	Unverbrennliche Reste	3,27
	77,25	Kieselsaure Thonerde	16,72
			100,11

(Graeger, Chemische Produkte Bd. I, S. 215.)

**) Unter Mergel versteht man solche dichte Kalksteine und Dolomite, welche durch einen bedeutenden von 20 bis 50 und mehr Prozent betragenden Gehalt an Thon, und ausserdem durch eine grössere oder geringere Beimengung von feinem Quarzsand oder Glimmerschüppchen verunreinigt sind; auf diese so sehr wechselnde Zusammensetzung hat man daher bei der Anwendung von Mergel in der Glasfabrikation Rücksicht zu nehmen.

Neuntes Kapitel.

Die Hohlglasfabrikation.

Die Hohlglasfabrikation teilt sich in mehrere Zweige, die sich jedoch hauptsächlich dadurch voneinander unterscheiden, dass je nach dem Zweck, für welchen die Gegenstände bestimmt sind, Glas von verschiedener Qualität verarbeitet wird. Zu Weinflaschen, zu Säureballons, überhaupt zu grossen Stücken, bei welchen es auf die Farbe nicht ankommt, verwendet man das geringste Glas, wobei man fast allein darauf sieht, dass Sand, Kalk und Natron oder Kali, in einem richtigen die erforderliche Widerstandsfähigkeit garantierenden Verhältnisse gegeben wird. Eine etwas reinere, dann sehr zweckmässig zur Verdeckung des nicht angenehmen, wenn auch lichtern, doch immerhin schmutzigen Grün, das auch durch starken Braunsteinzusatz nur in ein wenig ansprechendes Braun übergeführt werden kann, durch Kobaltoxyd lichtblau gefärbte Sorte dient zur Anfertigung von Medizinglas, zu besseren Mineralwasserflaschen u. dergl.; halbweisses und weisses Glas endlich, in zahlreichen Abstufungen von Reinheit und Güte zu Gegenständen der verschiedensten Art. Zur Vermeidung zahlreicher Wiederholungen sei daher von einer separaten Besprechung der Verarbeitung aller dieser Glasqualitäten zu Hohlglas abgesehen und nur nach der allgemeinen Form der Fabrikate die Flaschen- und die Becherfabrikation, sowie diejenige der Glasröhren, Glasstäbe, Uhrgläser etc. unterschieden.

I. Die Flaschenfabrikation.

Die Flaschenfabrikation bildet schon jetzt einen der bedeutendsten Zweige der Glasfabrikation, und ist noch in beständiger Zunahme begriffen; so erzeugt dieselbe beispielsweise in Frankreich allein mindestens 210 Millionen Stück im Gewicht von 165 Millionen Kilogramm, einen

Wert von 42 Millionen Franks*) repräsentierend, während man die Produktion Deutschlands auf etwa 103 Millionen mit einem Werte von 8 Millionen Mark schätzt**).

Da wir die Sätze zu dieser Art Glas, und, wie sie zu Glas zusammenzuschmelzen sind, bereits mitgeteilt haben, so handelt es sich nur um die Beschreibung der verschiedenen Manipulationen, vermöge deren dem Glase die verlangte Form gegeben wird. Man unterscheidet hierbei je nach der Art der dabei angewendeten Hilfsmittel entweder

a) die Stuhlarbeit oder
b) die Formarbeit.

a) Die Stuhlarbeit.

Die Instrumente und Werkzeuge, deren der Glasbläser bedarf, sind nicht sehr zahlreich, und das vornehmste darunter ist 1) das Blaserohr oder die Pfeife, ein eisernes Rohr 1,25 bis 1,75 m lang und 7 bis 10 mm weit, bei etwa 7 bis 8 mm Wandstärke, **Fig. 171, Taf. XIX**, mit einem Knopf an jedem Ende, von denen der eine *a* als Mundstück, der andere *b* zum Anhaften des Glases dient; der Teil *c* ist eine hölzerne Handhabe, welche teils dazu dient, dem Arbeiter mehr Sicherheit im Halten zu geben, teils ihn vor der Berührung mit dem heissen Eisen schützt. Von diesen Pfeifen muss jeder Arbeiter mehrere im Vorrat besitzen, um die während des Gebrauchs zu heiss gewordene gegen eine andere austauschen zu können. 2) Das Heft- oder Nabeleisen (Pontil), ein mit einem Knopf versehener Eisenstab, **Fig. 172, Taf. XIX**; man befestigt an dasselbe mittels etwas flüssiger Glasmasse den Boden der Flaschen, wenn diese nach der Abtrennung von der Pfeife an ihrem oberen Teile vollendet werden sollen. 3) Die Scheren, **Fig. 173** und **174, Taf. XIX**, sie dienen teils zum Abschneiden, teils zum Ausweiten, Ebenen und Formen der Mündungen und Hülsen der Gefässe durch Streichen und Drücken. Ausserdem braucht man noch eine Anzahl kupferne, gusseiserne oder marmorne Platten, Marbel genannt, um auf denselben das an der Pfeife haftende Glas zu ebenen und ihm eine walzen- auch wohl kegelförmige Gestalt zu geben; Sprengeisen zum Absprengen des Glases; Randkolben oder Fadeneisen, d. h. am unteren Ende flache Eisenstäbchen, mit welchen man etwas Glas aus dem Hafen nimmt, um es zur Verstärkung der Mündung um den Hals der Flasche zu legen; das Plätteisen, **Fig. 175, Taf. XIX**, auch Streich- und Richteisen genannt; ein U-förmig gebogenes, federndes, zuweilen mit hölzernen Enden an den Schenkeln versehenes, Eisen, das Auftreibeeisen; das Wallholz, einen mit mehreren halbrunden oder halbbirnförmigen Vertiefungen versehenen Holzblock, nach **Fig. 177** oder **178, Taf. XIX**, gestaltet, und endlich den Glasmacherstuhl, eine einfache Bank mit vorspringenden, lehnenartigen Leisten, auf welche der Arbeiter seine Pfeife legt, wenn er beim Fertigmachen der Stücke sie zwischen den Händen rollt. Anstatt dieses Stuhls ist häufig nur ein dreibeiniger Schemel vorhanden, auf welchem

*) Lobmeyr 226.
**) Henrivaux, Statistique 18.

der zum Kühlen der Pfeife bestimmte Wasserkübel steht, während das Einfriedigungsgeländer der Arbeitsbühne jener zum Stützpunkt beim Rollen dient, **Fig. 176, Taf. XIX.**

Nachdem wir die hauptsächlichsten beim Formen des Glases durch Blasen gebräuchlichen Instrumente kennen gelernt haben, lassen wir nach Knapp die Beschreibung der Herstellung einer Flasche nach dem auf dem Spessart üblichen Verfahren folgen.

Sobald die Arbeitslöcher geöffnet sind und von der Oberfläche des Glases die Galle rein abgeschöpft ist, sucht der Bläser nach und nach soviel Glas an seiner Pfeife zu befestigen, als er zu einer Flasche zu bedürfen glaubt, wobei ihn Uebung und ein gutes Augenmass fast unbedingt sicher leiten. Beim Eintauchen der vorher erhitzten Pfeife in den Hafen bleibt etwas Glas hängen, welches durch gelindes Einblasen unter fortwährendem Umdrehen der Pfeife, weil sonst das Glas schnell abfliessen würde, zu einer kleinen hohlen Kugel geformt wird. Nachdem diese soweit erkaltet ist, dass sie nicht mehr zusammensinkt, wird durch ein nochmaliges Eintauchen eine zweite Glasschicht aufgenommen, auf dieser eine dritte, bis der Glasballen, der nun das Kölbchen oder der Ballen genannt wird, an der Pfeife hinreichende Masse hat, inzwischen aber das anhängende Glas jedesmal durch Rollen oder Walzen in den Vertiefungen des Marbels abgerundet und symmetrisch gerichtet und dabei Luft in die Pfeife geblasen, so dass eine schwache Höhlung entsteht und erhalten wird. Das so gebildete Kölbchen, welches nunmehr die Gestalt einer dickwandigen Hohlkugel erhalten hat, wird nach dem Erkalten sofort geschränkt, d. h. es wird mittels einer ausgeschnittenen Klinge etwas von der Pfeife abgeschoben und da, wo es mit derselben zusammenhängt, eingeengt, so dass das hohle Gefäss die Birnform, **Fig. 179, Taf XX**, erhält. Der bauchige Teil hat am Boden die meiste Dicke, weil von hier aus die Flasche weiter geformt wird; er befindet sich vor der Pfeife und hängt mit dieser nur durch einen kurzen dicken Hals zusammen. In diesem Zustande erfolgt das erste Anwärmen. Sobald das Glas erweicht ist, nimmt der Arbeiter die Pfeife aus dem Ofen, hält sie abwärts gerichtet und bläst unter pendelartigem Schwingen Luft ein. Durch das Einblasen von Luft wird der Bauch der Birne aufgetrieben, durch das Schwenken der obere Teil verlängert, so dass ein beutelförmiger Körper, **Fig. 180, Taf. XX,** entsteht, dessen Hals in der Hauptsache die richtige Form schon besitzt. Sobald der Bauch jenes beutelförmigen Gefässes sich dem lichten Durchmesser der Form, **Fig 181, Taf. XX** (eines Holzklotzes mit einer einfachen cylindrischen, besser nach unten zu schwach konisch verlaufenden, Höhlung), nähert, so wird das Arbeitsstück in diese Form so eingesenkt, wie die Figur es darstellt, und kräftig Luft eingeblasen. Der Druck dieser Luft kann den Hals nicht auftreiben, weil dieser schon bei dem Anwärmen nur wenig Hitze empfangen hat und zu dieser Zeit nicht mehr weich genug ist. Dagegen werden die Wände des Bauches aufgetrieben und gezwungen sich an die Wand der Form anzuschmiegen, wodurch das Gefäss Cylindergestalt annimmt. Die Flasche ist so der Hauptsache nach fertig, es fehlt ihr nur noch die richtige Gestalt des Bodens und der Mündung. Der Formung des Bodens geht das zweite Anwärmen voraus, wobei jedoch die Flasche nur soweit in

das Feuer kommt, dass allein der Boden glühend wird, das übrige aber nicht erweicht. Während dessen nimmt ein Gehilfe einen Eisenstab, das Nabeleisen, Hefteisen, an dessen Ende er etwas Glas befestigt hat, und hält dieses ebenfalls ins Feuer. Beide, der Gehilfe und der Bläser, treten nun einander gegenüber; der Bläser hält die Pfeife horizontal und lässt sie schnell rotieren; in derselben Stellung nähert der Gehilfe das Hefteisen, fixiert den Mittelpunkt des Bodens, klebt dasselbe an diesem Punkte fest und drückt, während er sein Instrument mit gleicher Geschwindigkeit wie der Bläser seine Pfeife rotieren lässt, den Boden langsam und gleichmässig einwärts, **Fig. 182, Taf. XX.** Der eingebogene Teil erstarrt alsbald und die Flasche ist dann sowohl an der Pfeife, wie am Hefteisen befestigt; jedoch nur einen Augenblick; denn der Bläser sprengt seine Pfeife sofort von dem Halse ab und fasst das Arbeitsstück mittels des Hefteisens um die Mündung der Flasche zu vollenden. Zu dem Ende wird der vordere Teil des Halses angewärmt; die Kanten der Bruchfläche, die anfangs scharf und schneidend sind, runden sich dabei von selbst ab. Ist dies geschehen, so nimmt der Bläser die Pfeife aus dem Feuer, legt sie quer über die Barrieren, die seinen Werkplatz von dem der Nachbararbeiter trennen oder auf die vorhin erwähnten Lehnen seines Stuhles, und rollt sie hin und her. Zu gleicher Zeit hat er mit dem Hefteisen etwas Glas aus dem Hafen genommen, lässt dieses ein wenig abtropfen, so dass ein dicker Faden entsteht, welchen er um die Mündung wickelt, und bildet so die bekannte Wulst, welche als Verstärkung gegen das Aufbrechen dient. Auch wird die Rundung der Mündung dadurch noch gebessert und kegelförmig erweitert, dass der Bläser während dieses Rollens ein Eisen, das Richteisen, schräg in die Mündung hält und damit sanft von innen nach aussen drückt. Die fertige Flasche, **Fig. 183, Taf. XX,** welche immer an dem Hefteisen festsitzt, wird nun von dem Gehilfen in Empfang genommen, der dem Bläser die mittlerweile von dem anhängenden Glase befreiten Pfeife zurückbringt. Während der Bläser sofort eine neue Flasche in Arbeit nimmt, begibt sich der Gehilfe zum Kühlofen, legt die Flasche wagrecht ein und löst das Hefteisen mittels eines kurzen Schlages von dem Boden der Flasche. Dadurch bleibt an jeder auf diese Weise geblasenen Flasche, und zwar im Grunde des Bodens, eine sichtbare Anhaftstelle, der sogenannte Nabel, zurück, welcher kenntlich ist durch den scharfen Bruch.

Etwas abweichend von dem beschriebenen Verfahren ist das Formen der Champagnerflaschen, denen man in neuerer Zeit an der Stelle, wo sich sonst der Nabel befindet, eine Art Knopf gibt. Man bedient sich hierzu einer Marbel von der Form **Fig. 184, Taf. XX,** durch die der Knopf vorgebildet wird, bläst nach dem Anwärmen des Glases in die Form, **Fig. 185, Taf. XX,** um diesen Knopf zu vollenden. Hierauf erhitzt man den Boden noch einmal, bläst ihn in die Form, **Fig. 186, Taf. XX,** in deren bei *c* durchbohrten Boden der Knopf Raum findet, schiebt endlich die Höhlung *b* des sogenannten Einstichs **Fig. 187, Taf. XX,** über den letzteren und bildet nun durch Eindrücken die Bodeneinstülpung, während gleichzeitig der flache Rand des Bodens an der Scheibe *a* des Einstichs sich ebnet. Nachdem dann die Flasche von der Pfeife abgesprengt und der Faden um den Hals gelegt worden ist, wird mit

der Zange, **Fig. 188, Taf. XX**, die Mündung um den Rand fertig gemacht, indem man das Stück a der Zange in den Hals der Flasche steckt und diese um ihre Achse dreht, während man gleichzeitig die auf den federnden Armen dd sitzenden Rollen cc fest gegen den Flaschenhals andrückt, so dass der weiche Faden zwischen jenen zum gleichmässig gebildeten Rande sich gestaltet.

Diesen Zangen wurde in der Folge grössere Aufmerksamkeit zugewendet und sind dieselben mehrfach verbessert und umgestaltet, neuerdings auch zur Erreichung ganz besonderer Zwecke benutzt worden. Die erste Verbesserung rührt von Collignon her, dessen Zange, in **Fig. 189, Taf. XX**, abgebildet, namentlich dadurch vor der früheren Konstruktion sich auszeichnet, dass der Dorn, welcher zum Abrunden der Mündung dient, nicht einfach ist, sondern aus zwei Teilen dd_1 besteht, so dass man nach Bedürfnis die Weite der Mündung mittels der Schrauben $v\,v_1$ und v_2 augenblicklich verändern kann. Dieser Dorn macht es auch leicht, die schnell eintretende Abnutzung auszugleichen und die Mündungen alle gleich weit zu machen; endlich verhindert er die Risse, welche häufig in dem Flaschenhals vorkommen, wenn derselbe zu eng geblasen ist, dadurch endlich dass die Teile P und b (P^1 und b^1) der Zangenbacken, welche ihrerseits an den Zangenschenkeln AB resp. A^1B^1 befestigt sind, unabhängig voneinander sich verschieben können, wird eine gleichförmigere Ausbildung des Flaschenhalses ermöglicht, auch wenn die umgelegten Fäden an Stärke sehr verschieden ausgefallen.

Ein gleichfalls mit geteiltem Dorne für verschieden weite Flaschenhälse ausgerüsteter Apparat dieser Art, welcher seine Rotation gleichzeitig auf maschinellem Wege erhält, ist der von G. Läuffgen konstruierte, und unter Nr. 13609 in Deutschland patentierte und in **Fig. 190, Taf. XX**, abgebildete. Auf der Welle D mittels des losen Ringes mm und der Handgriffe FF verschiebbar, dreht sich der Konus E. Der Flaschenhals wird von der Pfeife abgesprengt, in einem Arbeitsloche erweicht, wobei gleichzeitig die scharfen Bruchkanten verschmelzen und dann zwischen die Rollen aa auf den Dorn G gesteckt. Alsbald wird durch einen Druck auf F der Konus E vorgeschoben, während gleichzeitig die beiden Hälften des Dorns, welche, um o drehbar, auf ihren rückwärtigen Verlängerungen BB die Ansätze nn tragen, die ihrerseits in nach vorne divergierenden Nuten des Konusinnern eingreifen, durch das Zusammendrücken der Schenkel BB auseinander rücken und sich fest an die Innenwand des Flaschenhalses anlegen. Ausserdem aber nehmen die Teile BBG vermöge jener Ansätze n Teil an der Rotation des Konus E und übertragen jene durch ihre Achse o auf das diese letztere tragende Rahmenstück C, in welchem auch noch die als Doppelhebel angeordneten Achsen A der Formrollen aa gelagert sind. Während diese letztern auf dem einen Schenkel jener Doppelhebel sitzen, befinden sich auf den andern Enden die konischen Rollen rr, angedrückt durch die Federn ff gegen den Konus E und von diesem bei seinem Vorrücken so auseinander getrieben, dass die Rollen aa sich einander nähern und von aussen fest auf den Flaschenhals legen und aus dem noch weichen Glase die Form des Kopfes herausbilden. Wird dann E wieder zurückgeschoben, so entfernen sich die

Schenkel *BB* voneinander, die Backen des Dornes *G* schliessen sich, durch den Druck der Federn *ff* gehen die Rollen *aa* auseinander und die fertige Flasche kann anstandslos von dem Dorn abgezogen werden.

Während die hier beschriebenen Zangen ausser der Formgebung des Kopfes auch ein Egalisieren und Glätten des Flaschenhalsinnern bezwecken, was namentlich von Wichtigkeit bei Champagnerflaschen ist, welche nach dem Aufbiegen der Drahtschlinge und dem Zerschneiden des Bindfadens den Pfropf selbstthätig sollen herausspringen lassen, dient Herings und Richters Schere*) zu einer Halsbildung, welche einen jeder Zeit lösbaren, dichten Verschluss der Flasche mittels eines besonderen Pfropfs ermöglicht.

Die Schere, **Fig. 191, Taf. XX,** trägt auf den Enden der federnden Teile *BB* die Rollenträger *hh* mit den Formrollen *ii*, welche in dem Schlitze des Querstücks *n*, den Bewegungen von *BB* folgend, sich verschieben können. Die Lage der Rollen ist auf den Rollenträgern selbst fixiert einerseits durch den Anlauf *k*, anderseits durch die mit Unterlagsscheibe versehene Mutter *l*. Unterhalb des festen Dorns *m* sitzt auf der Achse desselben das prismatische, lose Stück *w*, **Fig. 192, Taf. XX,** welches an der Drehung des ersteren nicht teilnimmt und daher beim Formen des Flaschenkopfs am oberen Innenrande der Mündung *a*, **Fig. 193, Taf. XX,** Ansätze oder Lappen bildet. Ueber die Form des Dorns *m* ist in der Beschreibung nichts gesagt, jedenfalls aber muss der Horizontalschnitt desselben gleichfalls die Gestalt von *w* haben, so zwar, dass die lange Achse in die Zentrale der Rollen *ii* fällt, weil sonst nach Ausformung des Mundstücks die Flasche nicht vom Dorn abgezogen werden könnte.

Zum Verschlusse dieser Flaschen dienen die Stöpsel **Fig. 194** und **195, Taf. XX,** deren Körper aus dem mittleren Bolzen *c* besteht, welcher seinerseits unten eine Doppelnase *bb*, oben den beliebig, hier sechsseitig, geformten Deckel *d* trägt. Das Festhalten des Stöpsels bewirken die Nasen *bb*, indem sie nach Einführung des Pfropfs vermöge einer halben Umdrehung desselben unter die Lappen *aa* greifen; die Dichtung aber wird durch Gummischeiben oder Gummiringe *f* herbeigeführt, welche durch den Deckel an den obern Flaschenrand gepresst werden. In **Fig. 194** liegt der Gummiring direkt unter dem Deckel und dieser reibt sich bei der Drehung auf dem Gummi, in **Fig. 195** dagegen ist das letztere an der losen Scheibe *g* befestigt und der Deckel gleitet auf dieser, wodurch der Gummiring sehr konserviert wird. Mittels ähnlicher Zangen formt man in neuerer Zeit häufig den äusseren Flaschenhals gewindeartig, um als Verschluss eine Kapsel aufschrauben zu können.

Wenn man die Flaschenböden mit dem Einstrich formt, oder sie dadurch bildet, dass man die Thonform auf eine runde gusseiserne Scheibe stellt, welche eine halbkugelförmige Erhöhung in ihrer Mitte trägt, so heftet man zum Fertigmachen und Abtragen die Flasche nicht an das Pontil, um auf den glatten Roden die Bildung des ihn verunzierenden Nabels zu vermeiden, sondern setzt sie in den sogenannten Schuh, **Fig. 196, Taf. XX,** welcher aus zwei blechernen, mit Boden versehenen Halbcylindern besteht, die mittels federnder Stahlstreifen an eine Stange befestigt sind.

---

*) D. R P. Nr. 5664. Vergl. Dingler 240, 115.

Um den Flaschen eine möglichst gleiche Länge zu geben, werden dieselben entweder an ein Winkelmass gehalten, wie **Fig. 197, Taf. XX,** zeigt und dann bei *a — a* abgesprengt oder man legt sie in die Rinne des sogenannten Walzenkandels **Fig. 198, Taf. XX,** mit ihrem Boden an das Schlussbrett derselben und nimmt sie am freien Ende der Rinne von der Pfeife.

Sollen die Flaschenhälse gerieft werden, wie dies von den Konsumenten zuweilen verlangt wird, so erreicht man dies in einfachster Weise durch Rollen des weichen Postens auf dem sogenannten Rippsteine, **Fig. 199, Taf. XX,** welcher, aus Eisen gegossen, an seiner oberen Fläche mit parallelen Riefen versehen ist. Beim Aufblasen der Flasche verschwinden die Riefen am Bruche derselben in der Form gänzlich, während sie sich am Halse, der allmählichen Erweitung entsprechend verflachen und durch Drehung der Pfeife schraubenartig gewunden erscheinen.

b) Die Formarbeit.

Die Formen, deren man sich hierbei bedient, sind, wie bereits angegeben, aus Holz (besonders Buchen-, Erlen-, Birnholz), Messing, Gusseisen oder Thon, und entweder einteilige oder mehrteilige; letztere werden durch Schrauben zusammengehalten. Die Messingformen sind, weil sie weniger vom Roste leiden und darum glättere Flächen liefern, die besten, aber auch die teuersten; neben den messingenen Formen gebraucht man auch solche von Gusseisen, die freilich billiger sind aber auch nicht solange aushalten als jene. In Belgien, England und Frankreich bedient man sich nur metallener Formen; in Deutschland dagegen, wo man die metallenen Formen, wenn es sich um die Anfertigung oft wechselnder Gestaltungen handelt, für zu kostspielig hält, namentlich bei grösseren Gegenständen, vielfach hölzerner Formen, in welchen auch in der That die Fabrikate ein glatteres und blankeres Ansehen bekommen. Ein Nachteil der hölzernen Formen ist es freilich, dass sie infolge des unvermeidlichen baldigen Ausbrennens oft erneuert werden müssen, wodurch sie ebenfalls teuer werden. Die Thonformen die wir in ihrer einfachsten Gestalt schon kennen gelernt haben, bestehen stets aus einem Stücke und werden hauptsächlich in den Grünglasfabriken gebraucht und zu diesem Behufe von den Arbeitern selbst aus plastischem Hafenthon mittels eines gedrechselten Holzkernes angefertigt.

Eine zweiteilige Metallform für ein einfaches Opodeldokglas zeigt **Fig. 200, Taf. XX,** während **Fig. 201** und **202, Taf. XX,** eine dreiteilige Form für eine kristallschliffähnlich gestaltete Karaffe vorführen. Der Bauchteil derselben besteht aus einem Stücke *aa*, welchem der Boden *c* fest eingefügt ist, der Hals jedoch aus zwei Hälften, die sich nach der Linie *zz* durch das Scharnier *d* öffnen lassen, soweit dies die Stifte *o* auf dem Bügel *i* erlauben. In die geöffnete, mit Kolophonium leicht eingestäubte Form wird das durch Schwingen der Pfeife in die Länge gezogene Kölbchen eingeführt, dann werden die beiden Hälften zugeklappt zu welchem Ende der dies besorgende Gehilfe in die Höhlungen der an den Oberteilen befindlichen Ansätze *h* Holzstäbe steckt und dann die Form mittels der Schrauben *mn* geschlossen. Nun wird mit aller

Kraft durch die Pfeife *g* Luft eingeblasen, bis das Glas in alle Räume der Form eingedrungen ist und endlich oben ausserhalb derselben die sogenannte Haube *q* entsteht. Diese, also alles oberhalb der Linie *xx* befindliche Glas wird weggeschliffen; um aber ein zu reichliches Austreten von Glas aus der oberen Oeffnung der Form zu vermeiden, wird dieser zweckmässiger ein sich wieder etwas verengernder Ansatz gegeben.

Solche geschlossene Formen erhitzen sich leicht so stark, dass das in dieselben gegebene Schmiermittel verkohlt, wodurch sich Ansätze in der Form bilden, welche die Schönheit der erblasenen Gläser beeinträchtigen; auch nutzen sich die Formen infolge der starken Erhitzung sehr leicht ab. Um diese Uebelstände zu vermeiden hat Hermann eine Form konstruiert und sich patentieren lassen (D. R. P. Nr. 8096) welche durch Oeffnungen in den Wandungen der äusseren Luft Eintritt in ihr Inneres gestattet, auch wenn der heisse Glaskörper sich in derselben befindet. Selbstverständlich können solche „Skelettformen" nur für solche Gegenstände Anwendung finden, welche in der Form gedreht werden, weil sonst das Glas in die Oeffnungen eindringen würde. Die **Fig. 203** bis **206, Taf. XX,** zeigen eine solche Form für Bordeauxflaschen. Der untere cylindrische Teil *d* der Form ist mit dem Einstich *e* durch Flantschen und Schrauben fest verbunden; beide sind durch zahlreiche Einschnitte *c c g*, die gegen die Achse der Form geneigt liegen, durchbrochen und wirken die Ränder derselben beim Drehen der Flasche als Abstreicher. Der obere Teil der Form besteht aus zwei Hälften, welche gleichfalls mit Einschnitten versehen sind, und, an zwei Scharnieren drehbar, nach unten umgeklappt werden können.

Da diese Formen einen Gehilfen verlangen, welcher sie während der Arbeit öffnen und schliessen muss, so hat man, um den Gehilfen zu ersparen, auch Formen konstruiert, bei denen diese Arbeit mittels eines besonderen Mechanismus von dem Bläser mit dem Fusse verrichtet wird.

Bei der ursprünglichen Einrichtung dieser Formen, war Form und Tretwerk unwandelbar miteinander verbunden; neuerdings aber richtet man die Tretwerke so ein, dass beliebige Formen in dieselben eingesetzt werden können, wodurch die Beschaffung solcher Tretformen wesentlich wohlfeiler wird. **Fig. 207, Taf. XX,** zeigt ein solches Tretwerk, wie es sich M. Mäsch unter Nr. 6316 in Deutschland hat patentieren lassen. Auf vier in der Bodenplatte *B* mittels Schrauben *SS* befestigten Säulen ruht der gusseiserne Rahmen *g*, in dessen schwalbenschwanzförmige Nute mit der auf ihm befestigten Form der Schlitten *s* eingeschoben werden kann. Durch einen Tritt auf die Platte *t* wird mittels des um *n* drehbaren Hebels *q r* und der Stange *p* die Form geschlossen, deren Teile durch das Scharnier *b* miteinander verbunden sind. Da die Länge der letzteren je nach der Grösse der verschiedenen Formen eine andere sein muss, so besteht die Stange aus zwei Teilen, deren mit Gewinden versehene Enden durch einen rechts und links geschnittenen Schraubenmuff verbunden sind, so dass durch einfache Drehung desselben Längenunterschiede ausgeglichen werden können. Sobald der Bläser den Hebel *qr* niedertritt, drückt der bei *q* befindliche Ansatz den kürzeren Arm des um *o* drehbaren Hebels *qv* nieder und es hebt gleichzeitig der Druckstift *l* den Flaschenboden in seine

richtige Lage. Endlich kann der nach unten konisch verjüngte Scharnierbolzen *b* mittels der Stellschraube *c* gehoben oder gesenkt werden, wodurch Unregelmässigkeiten im Gange des Scharniers, bewirkt durch verschiedene Ausdehnung der Form infolge der Erhitzung, leicht ausgeglichen werden können. Bei dieser Einrichtung genügt ein Tretwerk für Flaschen von 5 bis 500 ccm Inhalt.

Die hölzernen Formen sind immer nur zweiklappig, mit einem Scharniere von Messing*), **Fig. 208, Taf. XX.** Zu ihrer Anfertigung schneidet man von dem Modell ein Muster in natürlicher Grösse aus starkem Papier, sucht sich ein Stück Buchenholz von entsprechender Grösse, schneidet dasselbe mit der Säge der Länge nach in zwei gleiche Hälften, legt auf eine der Durchschnittsflächen das Papiermuster, zeichnet dieses mit Bleistift auf, schneidet mit einem Messer den Bleistiftstrich nach, meisselt dann die eine Hälfte fertig, klappt darauf beide Teile zusammen und zeichnet die ausgearbeitete Hälfte auf der anderen ab, indem man den Bleistift an der inneren Form entlang führt. Nachdem auch die zweite Formhälfte ausgearbeitet ist, werden an Hals und Boden beider Hälften etwa 4 cm lange Messingdrahtenden so eingelassen, dass die Spitzen 4 bis 6 mm tief umgebogen im Holze sitzen. Zwei Oesen aus stärkerem Draht, ineinander gehakt und auf der Rückseite ins Holz geschlagen, bilden je ein Scharnier, wovon, nach der Grösse der Form, 2 bis 3 Stück nötig sind. Da die Form nach jedesmaligem Gebrauche ganz ins Wasser getaucht werden muss, so ist es nötig, um den später beim Einbringen des Glases entstehenden Wasserdämpfen einen Ausweg zu verschaffen, entweder Boden und Seitenwände der Form mit mehreren Bohrlöchern, oder die Schlussflächen derselben mit aufrechtgehenden Rillen zu versehen.

Durch das Blasen in der Form wird hauptsächlich eine vollkommene Uebereinstimmung in der Grösse der Flaschen beabsichtigt, besonders wenn diese einen bestimmten Inhalt haben müssen. Denn wie gross auch die Sicherheit mancher Bläser in dem Aufnehmen der nötigen Menge Glas und in der Bestimmung der Grösse der Gefässe nach dem Augenmasse sein mag, so wird hierdurch doch niemals die Genauigkeit, die die Form darbietet, erreicht, wie dies schon aus dem verschiedenen Gewicht hervorgeht, welches einzelne Flaschen von gleicher Grösse unter sich zeigen, was zuweilen gegen 20 Prozent beträgt.

Das Blasen des Glases erfordert schon unter gewöhnlichen Umständen eine grosse Anstrengung der Lunge; sind aber feinere Gegenstände in die Form zu blasen, so ist es überhaupt kaum möglich hier so zu blasen, dass die Form überall ausgefüllt wird. Bei grossen Gegenständen, wie Säureballons, erleichtert sich der Arbeiter das Blasen dadurch, dass er, nachdem das Glas gehörig heiss gemacht worden ist, in die vorläufig erzeugte Höhlung aus dem Munde, mittels der Pfeife, in kleinen Zwischenräumen etwas Wasser spritzt und dann jedesmal die Pfeife mit dem Daumen oder der Zunge verschliesst, so dass der entstehende Wasserdampf das Auftreiben des Glases bewirken muss, solange dieses noch weich genug ist. In derselben Absicht, d. h. um die Lunge zu schonen, bedient man sich zum Aufblasen grosser Gegen-

*) Schür, die Praxis der Hohlglasfabrikation, S. 24.

stände wirklicher, auf verschiedene Weise eingerichteter Gebläse, unter welchen das von Bontemps angegebene in **Fig. 209, Taf. XX,** dargestellt ist. Das Objekt *O* wird wie gewöhnlich an der Pfeife *R* angeblasen, nach dem Wiederwärmen desselben aber wird über das Mundstück der letzteren die federnde Hülse des Gebläses geschoben, während die Pfeife selbst auf der Gabel *G* ruht und mittels Kette und Rolle gehoben und gesenkt wird.

Grössere Verbreitung als dieser komplizierte Apparat hat eine von Robinef erfundene kleine Handluftpumpe gefunden, welche in **Fig. 210, Taf. XX,** abgebildet ist. In einem einerseits durch einen festen Boden, anderseits durch einen mittels einer geeigneten Vorrichtung festgehaltenen Deckel mit sehr weiter Oeffnung verschlossenen Blechcylinder befindet sich, durch eine Stahldrahtfeder gegen den schmalen Rand des Deckels gepresst, ein recht dicht an die Blechwandung anschliessender, durchbohrter, an der nach aussen konisch erweiterten Mündung mit Leder überzogener Holzkolben, der beim Gebrauche fest gegen das Mundstück der Pfeife gepresst wird. Mit einem kurzen Ruck drückt nun der Glasmacher den Blechcylinder abwärts und treibt somit die in demselben enthaltene Luft durch die Pfeife in den Glaskörper.

Für kleinere Gegenstände, deren wenig komplizierte Umrisse sich leicht in die Form eindrücken, genügt dieser Apparat vollkommen. Um aber auch tiefer eingeschnittene Konturen scharf ausprägen zu können, ist stärkerer Druck erforderlich und es hat daher J. Riedel einen Apparat*) konstruiert, welcher mit 5 bis 6 Atmosphären Ueberdruck arbeitet. Ein Gebläse presst den Wind in ein Reservoir, von welchem aus Röhren zu den einzelnen Arbeitsplätzen führen. Mit diesen Röhren, durch einen Schlauch verbunden, hängt über jeder Form der in **Fig. 211, Taf. XX,** abgebildete Ventilkasten, welcher Gegenstand des an Riedel erteilten Patents ist. Nachdem der Glasmacher die Blase in gewohnter Weise in die Form eingeblasen, bringt er sofort das konisch zugespitzte Mundstück der Pfeife in den gleichfalls konisch ausgebohrten Ansatz *a* des Ventilkastens, schiebt durch einen Druck auf den Knopf *k* den vor der Oeffnung *o* befindlichen Windschieber beiseite und es dringt nun die gepresste Luft mit Gewalt durch die Oeffnung *o* und die Pfeife in den Glaskörper, dessen Wandungen in die feinsten und tiefsten Gravierungen und Gliederungen der Hohlform einpressend.

Sollen die Flaschen Stempel oder Wappen erhalten, so werden diese auf die folgende Weise hervorgebracht: Der Bläser nimmt mit dem Randkolben Glas auf und bringt es an die Stelle, wo das Wappen u. s. w. angebracht werden soll, breitet es gleichförmig aus und drückt den Stempel darauf, ganz so, wie man es mit einem Siegelabdruck macht.

Erhabene Inschriften werden der Flasche in der Form erteilt, in der sie vertieft eingegraben sind. Zu dem Ende versieht man zweckmässig die Formen mit auswechselbaren Bruststücken, auf denen die verschiedenen Inschriften eingraviert sind.

Griffe und andere vortretende Teile an einer Flasche werden zuletzt angesetzt. Der Bläser nimmt die nötige Menge Glas auf, zieht es aus

---

*) D. R. P. Nr. 10151.

und formt es, entweder durch Rollen oder Drehen, oder indem er es mit einer Zange behandelt, deren er mehrere von verschiedener Gestalt zur Disposition hat.

Kolben für chemische Fabriken werden auf die Weise angefertigt, dass der Bläser, nachdem er die nötige Menge Glas aufgenommen und durch Marbeln vorbereitet hat, zunächst eine längliche Blase bildet, deren Hals er durch Schwenken der Pfeife in gewünschter Weise verlängert, worauf er den Kolben fertig bläst, **Fig. 212, Taf. XX,** hierbei, wenn der Kolben weit und flach werden soll, die Pfeife senkrecht über seinem Kopfe erhebend. Hält er dagegen beim Fertigblasen die Pfeife unter einem Winkel von etwa 45⁰ aufwärts gerichtet, ohne dieselbe zu drehen, so neigt sich dabei der sich bildende Bauch des Kolbens nach unten und es entsteht die Retorte, **Fig. 213, Taf. XX.**

2. Die Becherfabrikation.

a) Die Weissbecherfabrikation.

Auch die Becherfabrikation, d. h. die Verarbeitung des Glases zu Gefässen aller Art, ist schon frühzeitig im Altertum im Schwunge gewesen und während die Erzeugnisse derselben anfänglich dem Golde gleich an Wert geachtet wurden, konnte man schon zu Strabos Zeiten in Rom einen Becher und eine Schale um eine Kupfermünze kaufen*).

Während aber die Alten in der Kunst des Glasfärbens zu einem hohen Grade der Vollendung gelangt waren, ist eigentlich weisses Glas, wenigstens solches, was man nach dem heutigen Standpunkte der Glastechnik darunter verstehen muss, unbekannt gewesen. Antike rein weisse Gläser sind wenigstens nicht auf uns gekommen und die uns erhaltenen wenigst gefärbten zeigen stets einen sehr bedeutenden Stich ins Grüne und Braune.

Aber auch das Mittelalter kennt noch kein weisses Glas und selbst das später durch seine hoch entwickelte Glasindustrie so berühmte Venedig glänzt mehr durch die Duktilität des Materials, welches seine Glasmacher mit Pfeife und Zange zu den zartesten Gebilden in den bizarrsten Formen auszuarbeiten verstanden, als durch die Reinheit und weisse Farbe desselben, und erst die freudig emporblühende Glasindustrie Böhmens verdankte einen guten Teil ihres Erfolges der, vermöge ausserordentlicher Reinheit ihr zur Verfügung stehender Schmelzmaterialien, erzielten Farblosigkeit ihrer Erzeugnisse, bezüglich deren sie auch heute noch von den an Feuer allerdings sie überstrahlenden englisch-französischen Bleikristallen kaum erreicht, geschweige denn übertroffen wird.

Die in das Gebiet der Weissbecherfabrikation gehörenden Fabrikate unterscheidet man rücksichtlich der Qualität des zu ihrer Darstellung verwendeten Glases in ordinäre und feine; zu ersteren verwendet man gewöhnliches weisses Natronkalkglas; zu letzteren in Böhmen und Deutschland hauptsächlich Kalikristall; in Frankreich, Belgien und England dagegen Bleikristall.

*) Lohmeyr, p. 28.

Auch bei der Becherfabrikation ist die Verarbeitung des Glases verschieden, und geschieht entweder nur vor der Pfeife, wobei man mit Zangen und Scheren nachhilft, oder man bläst und presst es in besondere Formen.

Als ein Beispiel der ersteren Methode (Stuhlarbeit) wählen wir die Anfertigung eines Wasserglases. Der Arbeiter beginnt auch hier mit der Bildung des Kölbchens, **Fig. 214, Taf. XXI**, welches auf dem Marbel abgerundet, durch Blasen aufgeweitet und durch Schwingen etwas verlängert wird, wodurch es die Form **Fig. 215, Taf. XXI**, erhält. Nach fernerem Aufblasen hält er die Pfeife senkrecht und stösst das Glas sanft gegen die Platte des Marbels, um den Boden abzuplatten, wodurch es die Gestalt der **Fig. 216, Taf. XXI**, annimmt. Nun setzt man am Boden das Hefteisen *a* an, **Fig. 217, Taf. XXI**, und entfernt die Pfeife mit dem oberen Teile des Glases, indem man dieses bei *A*, **Fig. 216, Taf. XXI**, mit einer kalten Zange berührt; es wird dadurch an dieser Stelle abgekühlt und springt durch einen schwachen Schlag an die Pfeife rund ab. Nun erweitert man die obere Oeffnung, entfernt den Ueberfluss an Glas mit der Schere, **Fig. 217, Taf. XXI**, und weitet es endlich auf sein richtiges Mass aus, nachdem man es nochmals angewärmt hatte, **Fig. 218, Taf. XX.** Nach der Entfernung des Hefteisens ist das Glas fertig geformt und gelangt nun in den Kühlofen.

Die Anfertigung eines Weinglases geschieht in folgender Weise: Das Verfahren ist, bis das Glas die Gestalt **Fig. 216, Taf. XXI**, angenommen hat, dasselbe wie bei dem Wasserglase. Nun setzt man den massiven Glastropfen *a*, **Fig. 219, Taf. XXI**, an und bildet aus diesem durch Drehen der Pfeife auf dem Stuhle mittels der Zange den Stiel *b*, **Fig. 220, Taf. XXI.** Behufs Herstellung des Fusses bläst der Glasmacher nun, während der Gehilfe die Pfeife hält, an einer zweiten Pfeife eine kleine dickwandige Glaskugel, heftet sie mit ihrem der Pfeife diametral gegenüberliegenden Grunde an das Ende des Stiels und sprengt sie sofort von ihrer Pfeife ab. In diesem Zustande hat das Glas die Gestalt der **Fig. 221.** Nachdem nun die geöffnete Kugel wieder erweicht worden, weitet sie der Glasmacher, wie in **Fig. 221** angedeutet, unter fortwährendem Rotieren der Pfeife mittels der Zange aus, bis die anfängliche Kugel sich in eine runde Platte verwandelt hat, **Fig. 222, Taf. XXI.** Am Fusse wird nun das Nabeleisen befestigt, das Glas von der Pfeife abgesprengt, angewärmt, mit der Schere an seinem oberen Rande beschnitten und unter Drehen der Pfeife erweitert, bis es nach **Fig. 222a, Taf. XXI**, vollendet ist.

Staunenswert ist die Kunstfertigkeit, mit der ein geübter Arbeiter die Gegenstände mit einziger Hilfe so weniger und einfacher Werkzeuge formt; doch dürfte es aus naheliegenden Gründen wenig Wert haben, näher auf diese Manipulationen einzugehen. Nur im Feuer fertig gemacht sind z. B. die in **Fig. 223** bis **225, Taf. XX**, abgebildeten Imitationen alter venezianischer Gläser, wie dieselben nebst zahlreichen andern nach antiken, venezianischen und altdeutschen Modellen aus den Ateliers der Rheinischen Glashütten-Aktien-Gesellschaft in Ehrenfeld bei Köln hervorgehen. **Fig. 223** ist ein Deckelpokal aus reinem weissen Glase mit aufgeschmolzenen, spiralförmig gewundenen Fäden und gekniffenen Verzierungen. **Fig. 224** ist ein grosses sogenanntes Flügelglas

von 420 mm Gesamthöhe, dessen Deckelbekrönung und Stiel das später zu besprechende Laticinio zeigt, während **Fig. 225** eine Blumenvase mit hohlem Stiel, 16 hohlgeblasenen Nuppen und durchbrochenem Fusse, selbst mit durchbrochenem Gitterwerk geziert, darstellt.

Dass solche und ähnliche Arbeiten nur von hochgeschickten Händen gebildet werden können, bedarf keiner Erwähnung und man ist daher, soweit dies thunlich, auch in der Becherfabrikation dazu übergegangen, durch Einführung der Formbläserei statt der reinen Stuhlarbeit auch weniger Geübten die Anfertigung schwierigerer Stücke zu ermöglichen. Auf diesem Wege entsteht z. B. eine Zuckerschale mit blumenkelchartiger Bodeneinfassung auf folgende Weise: Das gehörig aufgeblasene Kölbchen wird in die metallene kannelierte Form, **Fig. 226, Taf. XXI,** geblasen, die jedoch nur etwa den dritten Teil so grosse Dimensionen hat, als die Schale bekommen soll. Beim Aufnehmen des Glases hatte man jedoch die erste Partie etwas mehr erkalten lassen, als dies sonst zu geschehen pflegt; ist dann aber die zweite Schicht darüber gelegt, so bringt man das Ganze so heiss wie möglich in die Form. Bläst man nun nicht zu stark, so dringt die weiche Aussenmasse in alle Vertiefungen der Form ein, während die inneren, durch die Abkühlung zäher gewordenen Teile ihre runde Form behalten. Nachdem so die **Fig. 227, Taf. XXI,** entstanden ist, setzt man an deren Boden die Glaskugel *a*, die erweicht und durch das Rotieren der Pfeife auf dem Stuhle in eine Platte, den Fuss der Schale, **Fig. 227 b, Taf. XXI,** verwandelt wird, während sich durch die Rotation auch die Erhöhungen an ihrem schwächsten Punkte, also da, wo sie einander begrenzen, ausdehnen; nun heftet man das Hefteisen an, sprengt den Körper bei *o* ab und erweitert die Oeffnung, während man durch rasches Umdrehen den Bauch auszudehnen und die Erhöhungen voneinander zu entfernen sucht; endlich schneidet man vom Rande *o*, **Fig. 227 c, Taf. XXI,** das überflüssige Glas ab, die Schale wird noch einmal stark angewärmt und durch eine letzte kräftige Umdrehung in ihre bestimmte Form, **Fig. 227 d, Taf. XXI,** gebracht.

Dem Gesagten ist nur noch hinzuzufügen, dass in neuerer Zeit jene andere, früher wohl hauptsächlich nur in Böhmen üblich gewesene Arbeitsmethode in der Becherfabrikation mehr und mehr Verbreitung gefunden hat, nach welcher die Stücke nicht direkt mit der Schere an ihrem oberen Rande beschnitten und vor dem Feuer eingebrannt, sondern abgesprengt und glatt geschliffen oder nach dem Schleifen wohl auch noch eingebrannt werden. Indem man die mit voller Kappe geblasenen Gegenstände einfach von der Pfeife absprengt und in diesem halbfertigen Zustande in die Glasbinderei bringt, wo man sie genau nach Mass absprengt, schleift und einbrennt, erzielt man nicht nur leichtere und schnellere sondern auch in Bezug auf die Höhe der Stücke und die Bildung des oberen Randes derselben viel gleichmässigere Arbeit. Das Absprengen geschieht vielfach unter Benutzung von Gas, indem man z. B. die auf einer eisernen Tafel stehenden Gegenstände mittels einer in bestimmter Höhe über jener festgehaltenen Stahlklinge ritzt und dann einer breiten aber ganz flachen Glasbläserflamme nähert, worauf der Sprung alsbald und sehr gleichmässig erfolgt. Andere erreichen ähnliches, indem sie die Stücke auf entsprechend gestalteten

scharfen Kanten von innen stark erhitzter Röhren von rechteckigem oder rautenförmigem Querschnitte oder auf ebensolchen von Platten gebildeten Sprengspalten, deren eine, für Thoode & Knopp in Dresden patentierte, in **Fig. 228, Taf. XXI**, abgebildet ist, drehen, oder es muss endlich auch hierzu nach Fahdts Patent die Elektrizität dienen. Des letzteren Apparat ist in **Fig. 229, Taf. XXI**, abgebildet; *B* sind zwei Polschrauben, welche mittels der Drähte *D* mit den Polen einer starken Elektrizitätsquelle in Verbindung stehen, anderseits aber vermöge der Klemmschrauben *K* den Verbindungsdraht *c* tragen. Dieser letztere ist entweder stärker und dann der Form des abzusprengenden Glases entsprechend gebogen, oder er ist schwächer, schlaff und kann, da eine der Polschrauben in einer gegen die Achse des abzusprengenden Glases senkrechten Ebene drehbar angeordnet ist, fast ganz um den Umfang des Glaskörpers gelegt werden. Dieser letztere ruht drehbar zwischen Tragrollen, die auf stellbaren Stützen *CC* sich befinden und wird ausserdem noch durch den Stift *E* in seiner Lage fixiert. Der die beiden Polschrauben verbindende Draht *c* wird durch die Einwirkung des elektrischen Stromes weissglühend und längs der von ihm auf dem Umfang des Glases gezeichneten Linie, springt dieses ab.

Das Einbrennen der Ränder geschieht endlich in der Weise, dass man dieselben langsam vor einer Glasbläserlampe vorüberführt, wozu unter anderm auch von Fahdt ein selbstthätigwirkender Apparat angegeben ist.

b) Die Buntbecherfabrikation.

Die Verwendung gefärbter Gläser zur Fabrikation von Hohlgläsern der mannigfaltigsten Art ist schon den Alten bekannt gewesen, ja wir hatten bereits Gelegenheit darauf aufmerksam zu machen, dass farbige Gläser im allgemeinen weit früher bekannt gewesen sind, als das reine, weisse Material.

Ueber die Färbungsmittel selbst ist das nötige schon bei Besprechung der Schmelzmaterialien gesagt worden; über die Zusammensetzung farbiger Glassätze aber wollen wir zur Vermeidung von Wiederholungen erst später in dem Abschnitte über Glasmalerei handeln, so dass wir uns hier auf die Verarbeitung des bunten Glases selbst zu Gegenständen der Hohlglasbranche beschränken können.

Insofern nun diese letztere lediglich die Herstellung der Objekte aus farbigem Glase bezweckt, weicht dieselbe von der Weissbecherfabrikation in keiner Weise ab, und sei nur darauf aufmerksam gemacht, dass man zu besseren Qualitäten vorzugsweise des Bleikristalls sich bedient, weil in diesem die Farben weit glänzender und feuriger erscheinen. Beabsichtigt man aber aus einem und demselben Hafen Gegenstände von verschiedener Intensität der Farben zu fertigen, oder will man durch Uebereinanderlegen einer farbigen und einer ungefärbten Schicht oder mehrerer farbiger Schichten, eine Technik die den Alten gleichfalls bekannt war, besondere Effekte erzielen, so geht der Ausarbeitung der Gegenstände das sogenannte Ueberfangen voraus. Für die Ausführung dieser Arbeit sind drei verschiedene Methoden im Gebrauch und zwar

1) das Ueberfangen durch Eintauchen,
2) das Ueberfangen durch Auflegen,
3) das Ueberfangen durch Einstecken.

Das Ueberfangen durch Eintauchen kann wieder entweder in der Weise geschehen, dass man das farbige Glas mit farblosem, oder umgekehrt, das farblose Glas mit farbigem überzieht. Im ersten Falle nimmt man zunächst wenig farbiges Glas an die Pfeife, dann durch mehrmaliges Eintauchen sehr viel weisses und bläst aus dem Ballen einen Cylinder. Auf diese Weise wird der geblasene Gegenstand innen mit einer dünnen Schicht farbigen, resp. roten Glases überzogen erscheinen. Um möglichst gleich gefärbte Gläser zu erhalten, ist es natürlich notwendig, dass der Bläser stets gleiche Mengen farbigen Glases aufnehme und mit einer entsprechenden Quantität weissen Glases überziehe; dies ist namentlich schwierig gegen das Ende der Arbeit, wo der Hafen nur noch wenig gefärbtes Glas enthält; denn man schöpft alsdann, weil sich das Glas inzwischen abgekühlt hat, leicht fünf- bis sechsmal soviel davon ab, als zu Anfang.

Wird das weisse Glas mit farbigem überfangen, so wird zunächst aus ersterem das Kölbchen gebildet, dieses sodann nach gehörigem Erkalten in das farbige Glas gebracht und der Gegenstand in gewohnter Weise ausgearbeitet. Bei dieser Methode hat man es aber noch weit weniger in seiner Gewalt, die Menge des farbigen Glases zu der des weissen in ein richtiges Verhältnis zu bringen, auch läuft man bei derselben Gefahr, dauert die Ausarbeitung vor dem Feuer lange, durch Einwirkung reduzierender Flammen die Schönheit der Farbe beeinträchtigt zu sehen. Die erstbeschriebene Methode hat hingegen den Nachteil, dass die Verteilung des farbigen Glases auf der Innenfläche der Gegenstände häufig mangelhaft ausfällt; entweder das Glas bleibt ganz in der Kalotte, oder es ist ungleichmässig verteilt, so das Lücken entstehen. Diese Fehler rühren daher, dass der Bläser das zweite Eintauchen der Pfeife zu bald vorgenommen hat. Die Arbeit gelingt aber vollkommen, wenn man das Glas, nachdem man es gemarbelt und ihm die Form einer Birne gegeben hat, fast ganz erkalten lässt und alsdann aus dem Hafen mit weissem Glase in der gewöhnlichen Weise fortfährt.

Ein weiterer Uebelstand ist hierbei der verhältnismässig grössere Aufwand an farbigem Glas, da die vom Pfeifenabbrand häufig verunreinigten Pfeifennäbel ein wenig wertvolles Abfallprodukt repräsentieren.

Der hierdurch bedingte Verlust lässt sich fast ganz vermeiden durch die zweite der erwähnten Methoden, durch das Auflegen, welches sich insbesondere für mehrfach übereinanderzulegende Ueberfänge eignet, jederzeit, ohne dass man gerade das verlangte Glas im Hafen hätte, auszuführen ist, dem Fabrikanten sogar erlaubt, die farbigen Gläser von auswärts zu beziehen, wenn er deren Herstellung vermeiden will und endlich die Schädlichkeiten, denen das farbige Glas im Hafen ausgesetzt ist, wenn die Ausarbeitung, was gewöhnlich der Fall, sehr lange dauert, beseitigt. Die Arbeit besteht darin, dass man von den farbigen Gläsern kurze Cylinder oder Zapfen vorrätig hält und beim Ueberfangen einen solchen Zapfen oder ein Stück eines solchen mit dem Kölbchen

aufnimmt, durch Einhalten der Pfeife in die Arbeitsöffnung gehörig anwärmt, dann mit dem Wellholze über ersteres vollständig ausbreitet und nun den Gegenstand fertig bläst, nachdem man zuletzt bis zum völligen Schmelzen des Ueberzugs angewärmt hatte.

Die dritte Herstellungsweise des Ueberfangglases, welche namentlich in England gebräuchlich ist, wird ausgeführt, indem man zunächst aus farbigem Glase eine dünnwandige Kugel bläst, welche man diametral der Pfeife gegenüber öffnet und zu einer cylindrischen, halbkugelförmig geschlossenen Glocke ausweitet. In die Mündung dieser Glocke führt man sodann das dickwandige, recht heisse Weissglaskölbchen ein und treibt es durch kräftiges Blasen auf, so dass es sich überall dicht an die Innenwand der Glocke anschmiegt, ohne dass etwa Luftblasen zwischen beiden Schalen zurückbleiben. Schliesslich wird dann das farbige Glas von seiner Pfeife abgesprengt und gemeinschaftlich mit der farblosen Unterlage weiter verarbeitet.

Das Ueberfangen ist immer eine schwierige Operation weil die farbigen Gläser möglichst gleichartig nicht nur in ihrer Masse, sondern auch mit dem zu überfangenden Glase hergestellt werden müssen. Gelingt dies nicht, so ziehen sich die verschiedenen Schichten beim Abkühlen in verschiedenem Grade zusammen und dehnen sich beim Erhitzen in verschiedenem Grade aus, wodurch sie zerreissen und sich ablösen oder es springen die Gegenstände sofort, wenn sie von der Pfeife abgelöst werden. Aus demselben Grunde muss man die den Glassätzen beigegebenen Glasbrocken sorgfältig sortieren und namentlich thonhaltiges Bouteilleuglas entfernen, wovon ein einziges Stück, in den Hafen mit gefärbtem Glase geraten, hinreichen soll, die überfangenen Gegenstände zerspringen zu lassen.

Mittels des Ueberfangens kann man Gegenstände aus mehreren übereinander liegenden, verschieden gefärbten Schichten anfertigen, und indem man teilweise durch Schleifen oder durch Aetzen mit Fluorwasserstoffsäure bald die obere, bald die untere Schicht fortnimmt, die prachtvollsten Effekte erzielen.

Bei der Anfertigung von Gegenständen von ungleicher Stärke macht man immer vom Ueberfangen Anwendung, um gleichmässige Färbungen zu erzielen; doch soll gelbes, mit eisenhaltigem Braunstein gefärbtes Glas, die sonderbare Eigenschaft besitzen, die Stücke an ihren dickeren Stellen nicht tiefer gefärbt erscheinen zu lassen, als an ihren dünnen(?).

Eine besonders wichtige Aushilfe gewährt das Ueberfangen, wenn aus Unachtsamkeit zu viel Farbe genommen worden ist, oder auch, wenn, auf dem Boden der Häfen, die Farbe infolge der Ablagerung von Oxyden dunkler geworden ist, was sehr häufig beim Blasen von violettem Glas, wenn der Braunstein nach Wegnahme der Glasgalle zugesetzt wurde, vorkommt. In diesem Falle kann man durch das Ueberfangen noch eine gleichförmige Färbung erzielen, ohne die Stärke des Glases zu sehr reduzieren zu müssen.

3. Glasröhren, Glasstäbe, Lampencylinder und Uhrgläser.

Die Herstellung von Glasröhren nimmt, wie einfach diese selbst auch erscheinen, gleichwohl viel Uebung und Geschicklichkeit seitens der damit beauftragten Arbeiter in Anspruch. Man verfährt hierbei auf folgende Weise:

Der Bläser sammelt zuerst, wie bei allen Operationen, durch wiederholtes Eintauchen seiner Pfeife die nötige Menge Glas und bläst es zu einer dickwandigen Kugel. Nachdem er ihr durch wiederholtes Einblasen und Marbeln die Gestalt eines Cylinders gegeben und so eine gleichmässige Verteilung des Glases um den inneren leeren Raum bewirkt hat, plattet er das Ende ab, indem er den Glaskörper senkrecht auf den Marbel drückt. Er muss, wenn weite Röhren angefertigt werden sollen, darauf Rücksicht nehmen, dass der lichte Durchmesser des Cylinders gross und das Glas gehörig abgekühlt sei; wogegen er bei Röhren mit kleinem Durchmesser Cylinder von kleinem Durchmesser und heisses Glas anwenden muss.

Um den Cylinder zu einer Röhre auszuziehen, bringt der Gehilfe an das abgeplattete und bei grossen Stücken durch momentanes Eintauchen in Wasser etwas abgekühlte Ende des Cylinders einen mit gemarbeltem und ebenfalls abgeplattetem Glase versehenen Pontil, zu welchem Zwecke er diesen senkrecht stellt, das daran befindliche Glas nach oben haltend, **Fig. 230, Taf. XXI.** Der Bläser setzt nun den Glaskörper darauf und beide bringen, nachdem die Vereinigung bewirkt worden ist, die Pfeife, wie den Pontil, in horizontale Lage. Indem sie sich nun gleichen Schrittes voneinander entfernen, verlängern sie gleichmässig den Cylinder und es entsteht die Röhre, **Fig. 231** und **232, Taf. XXI.**

Wenn die Röhre bis zu der gewünschten Strecke ausgezogen und das Glas noch zu heiss ist, seine cylindrische Gestalt beibehalten zu können, so kühlen mehrere Arbeiter jene dadurch ab, dass sie sie hin und her schwenken, worauf sie nebst der Pfeife und dem Pontil auf eine hölzerne Unterlage gelegt wird. Diese letztere besteht aus mehreren Stücken Holz vor gleicher Höhe, die in kleinen Zwischenräumen horizontal auf den Boden der Hütte gelegt werden; wesentlich hierbei ist, dass die Kanten dieser Holzstücke genau in gleicher Ebene liegen. Nach dem Erkalten werden die Röhren mittels eines Diamants, oder Anritzens mit einer Feile, oder auch gleich nach deren Erstarren durch Berühren mit einem kalten Eisen in Stücke von beliebiger Länge geschnitten.

Manometerröhren müssen, um widerstandsfähiger zu werden, aus nicht zu dickem Glase angefertigt und gut gekühlt werden; am liebsten verwendet man dazu einen Glassatz, welcher 4 Teile Soda auf 1 Teil Pottasche enthält. Obgleich man diese Röhren gewöhnlich mit vieler Sorgfalt abkühlt, so widerstehen sie doch nicht immer einem grossen Drucke. Sie gewinnen jedoch sowohl an Elastizität wie auch an Festigkeit, wenn man sie in Leinöl legt, dieses allmählich bis zum Sieden erhitzt und dann mit den Röhren abkühlen lässt. Nach dieser Behandlung halten sie einen sehr hohen Druck aus und ihr Ausdehnungsvermögen findet sich auf die Hälfte vermindert. Wasserstandsgläser für Dampfkessel werden in dieser Weise häufig dreimal in Oel gekühlt.

Obgleich die Anfertigung massiver Glasstäbe, streng genommen, nicht hierher gehört, so haben wir ihr doch einen Platz eingeräumt, weil sie mit der von Glasröhren die grösste Aehnlichkeit hat.

Um einen Glasstab zu formen, wird aus einer beliebigen Menge Glas ein massiver Cylinder gemarbelt und an dessen Ende durch Zusammendrücken mit einer Schere ein Knopf gebildet. Nachdem der Knopf mit Wasser abgeschreckt ist, heftet der Gehilfe an denselben sein Fadeneisen und läuft dann schnell durch die Hütte, wobei er das Eisen dicht über den Boden hält, während der andere Arbeiter auf seinem Platze bleibt. Der so ausgezogene Stab wird dann, damit er nicht zu rasch abkühle, auf das oben beschriebene Lager gelegt. Man erhält so einen einfachen cylindrischen Stab, entweder aus weissem oder farbigem Glase, der, wenn er dünn ist, Faden genannt wird, an zwei Seiten abgeplattet, ein Band darstellt.

Zum Schlusse möge hier noch der Herstellung zweier Gegenstände gedacht werden, welche bei aller Einfachheit wegen ihres ungeheueren Verbrauchs zu nicht geringer Bedeutung gelangt sind: der Lampencylinder und der Uhrgläser.

Die ersteren werden, mögen sie cylindrisch oder bauchig gestaltet, mögen sie mit Einschnürung versehen sein oder nicht, in der Regel in zweiteilige, mit Tretwerk versehene Formen geblasen, so dass sie zunächst unten und oben geschlossen sind. Nachdem ferner der Boden von dem Cylinder, sodann der letztere von der Pfeife abgesprengt ist, werden beide Enden abgeschliffen, zu welcher Arbeit in neuerer Zeit vielfach besonders für diesen Zweck konstruierte Maschinen mit Erfolg in Anwendung gekommen sind*).

Uhrgläser werden aus feinem weissen Glase, bessere Qualitäten häufig aus Kristallglas angefertigt. Die Fabrikation derselben hat sehr verschiedene Entwickelungsphasen durchgemacht, entsprechend den mit der Zeit sich steigernden Ansprüchen an Qualität und Billigkeit derselben. Die älteren, hochgewölbten, kleinradierte Kugelkalotten repräsentierenden, wurden in einfachster Weise erhalten, indem man das nachzubildende Muster als Patrone auf eine entsprechend geblasene Glaskugel legte und dessen Ränder mit einem heissen Drahte, einer Sprengkohle, einem Diamanten umfuhr, so das neue Glas aussprengend oder schneidend, worauf sie durch Anschleifen abgeschrägter Ränder ihrer Vollendung entgegengeführt wurden. Die flacheren Gläser erzeugte man durch Einblasen der betreffenden Glaskugel in eine entsprechend flachgewölbte Form, oder selbst durch Ausschleifen derselben aus stärkeren zirkelrund geschnittenen Platten. Im weiteren Fortschritt schnitt man zur Vermeidung des bedeutenden, bei dem älteren Verfahren sich ergebenden Abfalls, aus grösseren Kugeln eine grössere Anzahl Gläser aus, liess dieselben in flach ausgehöhlten Thonformen in der Muffel erweichen und drückte sie mit passenden Stempeln in dieselben ein, war alsdann aber genötigt den durch die Einwirkung von Matrize und Patrize auf das weiche Glas gestörten Glanz der Oberflächen durch nach-

*) Eine derartige, von Schöpfleuthner konstruierte Maschine, welche sechsfach billiger arbeiten soll, als die Hand, ist abgebildet und beschrieben Dingler, 235. 293.

folgendes Polieren wieder herzustellen. Heute gewinnt man aus sehr grossen Glaskugeln, deren Oberfläche mehre hundert Gläser liefern, die letztern in sehr flacher Form, bringt diese auf Thoncylindern mit entsprechend flachgewölbter oberen Grundfläche, deren Durchmesser etwas kleiner als derjenige der Glasschalen, in die Muffel, und drückt die, unter der Einwirkung der Hitze früher als die mittleren, auf der Form aufliegenden Partien, erweichenden Ränder mittels eines Hohlkegels nieder, so dass höchstens diese Ränder einer nachfolgenden Politur mittels Zinnasche bedürfen.

Der enorme Aufschwung, den die Fabrikation der Uhrgläser, betrieben namentlich von den Firmen Achille Portal in Dreibrunnen, Vallerysthaler Glashütte, Walter, Berger & Komp. in Götzenbrück u. a., in den letzten 20 Jahren gewonnen, erhellt daraus, dass man augenblicklich den jährlichen Verbrauch dieses Artikels auf etwa 60 bis 70 Millionen Stück schätzt.

Eine Vergleichung des hier Gesagten mit dem, was Agrikola über die Hohlglasarbeit mitteilt, lässt erkennen, dass die letztere, wenn auch durch mancherlei Einrichtungen vervollkommt, im ganzen doch heute noch dieselbe ist, wie vor 300 Jahren. **Fig. 243, Taf. XXII**, zeigt in getreuer Nachbildung des Originals die Glasmacher damaliger Zeit in voller Arbeit. *A* ist die Pfeife, *B* sind die Arbeitsöffnungen, *C* der Marbel, *D* die Zangen, *E* die Formen. Die Arbeit selbst beschreibt Agrikola folgendermassen.

„Wiederholt nehmen die Glasmacher mit ihrer Pfeife Proben; aber sobald sie sich aus dem Aussehen derselben überzeugt haben, dass die Läuterung beendet ist, nimmt jeder mit einer andern in den Hafen eingeführten und langsam gedrehten Pfeife etwas Glas auf, wobei das letztere wie eine weiche, zähe Masse an der Pfeife kugelförmig haftet. Grade soviel nimmt jeder auf, als zu dem Werkstücke, welches er fertigen will, erforderlich ist, drückt es auf den Marbel und rollt es, um es zu vereinigen, hin und her. In die Pfeife blasend erzeugt er nun ein einer Blase ähnliches Gebilde; so oft er aber in die Pfeife bläst, und er muss dies öfter thun, nimmt er sie schnell vom Munde und drückt sie gegen das Kinn, um nicht beim Atemholen die Hitze in den Mund zu ziehen. Dann schwenkt er die erhobene Pfeife über seinem Kopfe, um den Glaskörper zu strecken, oder er formt denselben in einer ehernen Hohlform; bald auch gestaltet er ihn durch wiederholtes Anwärmen, Blasen, Aufdrücken, Ausweiten zu einem Becher, einer Vase oder irgend einem andern beliebigen Gegenstande. Darauf drückt er ihn nochmals gegen den Marbel und breitet so den Boden aus, welchen er nun mit einer zweiten Pfeife nach innen drückt. Sodann beschneidet er mit einer Schere die Oeffnung und bringt, wenn nötig, Füsse und Henkel an. Auf Wunsch vergoldet er auch das Stück und bemalt es mit verschiedenen Farben. Endlich legt er es in das lange thönerne Gefäss zum Abkühlen."

Es erübrigt noch, über das Kühlen der Hohlglasfabrikate, dessen bisher nur andeutungsweise Erwähnung geschehen konnte, einiges nachzutragen.

Das Kühlen ist eine unerlässliche Operation, um dem Glas Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit zu erteilen, ohne welches dasselbe sich für den täglichen Gebrauch nicht eignen würde. Da dasselbe sehr spröde und auch ein schlechter Wärmeleiter ist, so würde es, wenn es nicht zuvor allmählich abgekühlt worden wäre, in allen seinen Teilen der Ausdehnung und Zusammenziehung nicht folgen können, und bei bei dem geringsten plötzlichen Temperaturwechsel unfehlbar zerspringen. Dauert anderseits der Kühlprozess zu lange, wird wenigstens das Glas zu lange auf der ziemlich hohen Anfangstemperatur erhalten, so läuft man Gefahr, einen Teil des Produkts durch Entglasung einzubüssen.

Es gilt als allgemeine Regel, den Mauern der Kühlöfen die gehörige Stärke zu geben, damit sie längere Zeit heiss bleiben und während der Arbeit Wärme abgeben können; ebenso muss man auch sorgfältig darauf Bedacht nehmen, dass nicht kalte Luft in diese Oefen dringen könne. Um gegen das Ende des Prozesses eine schnellere Abkühlung bewirken zu können, muss man in dem Gewölbe eine kleine Oeffnung anbringen, durch welche man, wenn man glaubt, dass es ohne Nachteil geschehen kann, einen Teil der Wärme aus dem verschlossenen Ofen entweichen lässt. Das Austreten der Wärme aus der Spitze des Gewölbes schadet dem Abkühlen in keiner Weise, wenn nur kein anderer kalter Luftzug von unten nach oben in dem Ofen entsteht; denn die heisse Luft steigt von selbst zum Gewölbe auf und entweicht durch die hier befindliche Oeffnung. Auf diese Weise gewinnt man oft mehrere Tage, die man als verloren ansehen müsste, wenn man keine Luft durch das Gewölbe hätte entweichen lassen.

Bevor man das Glas in den Kühlofen einsetzt, muss man sich überzeugen, dass derselbe bis zum Rotglühen erhitzt ist, und auch die Wände genug Wärme empfangen haben, um sie an das Innere des Ofens abgeben zu können, statt sie, wenn sich das Glas im Ofen befindet, zu absorbieren. Während der Arbeit unterhält man unausgesetzt eine schwache Hitze, die jedoch nicht soweit gesteigert werden darf, dass das Glas erweicht.

Was nun speziell die Kühlöfen für Hohlglas anbelangt, so ist schon bei Besprechung der Schmelzöfen mehrfach angeführt, wie dieselben ursprünglich neben oder über die letzteren gelegt wurden, von der abgehenden Hitze jener ihre eigene Feuerung erhaltend. Im allgemeinen ist die Form dieser Oefen, mehr oder weniger weite, von einem flachen Gewölbe überspannte Räume bildend, auch später beibehalten worden, als man mehr und mehr dazu überging, dieselben mit besonderer seitlicher Feuerung einzurichten.

Auf der mit Sand bedeckten Sohle dieser Oefen werden die Gegenstände aufgestellt, Flaschen in vielfachen Schichten übereinander gelegt, feinere Gegenstände wohl auch in kastenartige Vertiefungen der Sohle eingebettet, an deren Stelle früher sogar besondere Kühlhäfen vorhanden waren. Die Beheizung erfolgt zur Vermeidung schädlicher Russablagerungen je nach Ort und Zeit durch Holz, Koks oder Gas.

Die Uebelstände eines solchen Kühlsystems liegen auf der Hand. Die beschickten Oefen verlangten 3 bis 4 Tage zur Abkühlung, und man bedurfte daher bei einigermassen bedeutender Produktion umfassender Kühlofenanlagen. Bei der Fabrikation von Massenartikeln, von

Bouteillen z. B., welche, wie wir andeuteten, in vielfachen Schichten übereinander gelagert werden mussten, lief man bei hoher Anfangstemperatur des Kühlofens Gefahr, die in den unteren Schichten lagernden Objekte erweichen und durch den Druck der oberen sich deformieren zu sehen, oder man verfiel in den andern, vielleicht noch verhängnisvolleren Fehler, jene Anfangstemperatur zur Vermeidung dieses Uebelstandes niedriger zu halten, als es die zielbewusste Durchführung des Kühlprozesses verlangt haben würde. Die erforderliche Höhe dieser Anfangstemperatur wird überhaupt vielfach unterschätzt; man hält vielfach 200 bis 300° für vollkommen genügend und doch wird thatsächlich das Produkt um so vollkommener ausfallen, jemehr sich die Anfangstemperatur, einen im übrigen gleich verlaufenden Kühlprozess selbstverständlich vorausgesetzt, der Erweichungstemperatur der zu kühlenden Objekte näherte. Hieraus ergibt sich aber wieder die Notwendigkeit, je nach der verschiedenen, durch die Zusammensetzung des Gemenges bedingten, grösseren oder geringeren Schmelzbarkeit des verwendeten Glases, bald höhere bald niedrigere Anfangstemperaturen in Anwendung zu bringen.

Gleichzeitig haben neuere, namentlich von Siemens eingehend geführte, Untersuchungen über den Kühlprozess erkennen lassen, dass die Zeitdauer des Kühlprozesses sehr abgekürzt werden kann, wenn derselbe nur, zwar rasch, aber allmählich und gleichmässig verläuft. Siemens konstatierte z. B., dass eine dickwandige Flasche, in einem thönernen oder eisernen Gefässe ohne dessen Wandungen zu berühren aufgehängt, in demselben bis zur Erweichung erhitzt und dann in einer Stunde etwa vollkommen erkaltet, in jeder Beziehung widerstandsfähig gegen Stoss, Druck oder Temperaturwechsel sich erwies.

Bedürfnis und bessere Erkenntnis haben in der Folge zu vielfachen Abänderungen der alten Kühlöfen geführt. Eine der ersten derselben, welche den englischen Kristallglashütten entstammt, zeigt, wie Bontemps sie beschrieben, **Fig. 233, Taf. XXII.** Ein mit seitlicher Feuerung versehener, flachüberwölbter, an beiden Enden mit eisernen Thüren oder Schiebern versehener Kanal enthält zwei Schienengleise, auf welchen flache Blechwagen laufen, die auf ihrer Plattform die zu kühlenden Gegenstände tragen. Die gefüllten Wagen werden tiefer in den Kanal hineingeschoben, während man vorne neue Wagen einführt. Ist der Ofen voll, so wird er dicht verschmiert und dem Erkalten überlassen, welches in einigen Tagen erfolgt. Ein Schritt weiter, eine Verlängerung des Kanals, Verlegung der Feuerung in die Mitte seiner Längenausdehnung, machte den Betrieb zu einem kontinuierlichen, indem einerseits die Wagen gefüllt, dann allmählich dem Herde näher gebracht, also stärker erhitzt, beim ferneren Vorschreiten der Wärmequelle wieder entrückt, daher successive abgekühlt und schliesslich am hintern Ende aus dem Kanal entfernt wurden.

Die Einrichtung eines von Eppstein konstruierten Kühlofens (D. R. P. Nr. 11785) zeigen **Fig. 234** und **235, Taf. XXII.** Die Beheizung des eigentlichen Ofens geschieht in *A* durch Gas, wie in **Figur 234** angedeutet; sie kann indessen auch durch irgend ein anderes Brennmaterial erfolgen. Der von *a* aus auf einem Gleise in den Ofen eingeschobene Kühlwagen wird in *e* vorgewärmt, in *f* durch die Arbeits-

öffnung *h* gefüllt, dann zum allmählichen Kühlen nach *b*, *c*, *d* und von hier ins Magazin transportiert, während gleichzeitig immer neue Wagen, die aus dem Magazin, wo sie entleert wurden und über *d* nach *a* und *e* gelangten, nach *f* zum Füllen nachrücken.

Hirsch und Hirche geben ihrem Kühlofen, **Fig 236, Taf. XXII**, (D. R. P. Nr. 9703) eine kreisrunde Gestalt. In den durch radiale Zwischenwände gebildeten 4 Kammern *ABCD* desselben befinden sich je 3 Kühlgefässe, welche, auf einem passenden Gestelle ruhend, um die im Mittelpunkte des Ganzen befindliche stehende Welle *a* drehbar sind. In die Kühlgefässe der mit Gasfeuerung versehenen Kammer *A* legen die Glasmacher ihre Stücke ab, und es werden jene nach ihrer Füllung durch eine Viertelsdrehung der Königswelle in den Raum *n* zum Kühlen geschafft, während von *D* her neue Gefässe nachrücken. Auf dieselbe Weise gelangen die ersten Kühlgefässe dann nach *C*, wo sie an freier Luft vollends auskühlen, während sie nach abermaliger Drehung der Welle *a* in *D* entleert werden.

Ringförmig, wie der vorstehend beschriebene, ist auch der Kühlofen von W. Schön (D. R. P. Nr. 19207), welchen die **Fig. 237** und **238, Taf. XXII**, vorführen. In dem ringförmigen überwölbten Kühlkanal *BD* dreht sich, gelagert auf Rollen *rr* und angetrieben von dem Getriebe *g*, welches in die kreisrunde Zahnstange *zz* eingreift, die Drehscheibe *dd*. Der gesamte ringförmige Raum oberhalb dieser Scheibe, welche die Kühlwagen *tt* trägt, ist durch Schieber *SS* in mehrere Abteilungen eingeteilt, von denen eine, hier *A*, durch Gas geheizt wird. Ein Transporteur *TT* verbindet diese Kammer mit dem Glasofen. Es besteht derselbe aus einer Kette *kk* ohne Ende, welche in einer Rinne *R*, die ihrerseits durch die in Kanälen *cc* zirkulierenden Generatorgase, welche zum Heizen des Ofens selbst dienen, erwärmt werden, über zwei Kettenrollen *mn* läuft. Die von dem Transporteur herangeführten Gegenstände werden in den in *A* stehenden Kastenwagen gepackt und der letztere dann allmählich durch Drehen der Scheibe der Austrageöffnung zugeführt, während immer neugefüllte Wagen folgen.

Die an den Ofen angebauten Kammern *HH* dienen, wenn der Ofen zum Kühlen von Tafelglas benutzt werden soll, als Strecköfen für das letztere. Sie werden später an geeigneter Stelle näher besprochen werden; bei Hohlglaskühlöfen sind sie nicht vorhanden.

Behufs Verwirklichung des von ihm aufgestellten, bereits oben besprochenen Systems der Kühlung hat Siemens einen Kühlofen für Hohlglas mit Gasfeuerung konstruiert, welcher in den **Fig. 239** bis **242, Taf. XXII**, abgebildet ist. **Fig. 239** ist ein Schnitt nach *AB* der **Fig. 241** und **242**, während **Fig. 240** und **242** Schnitte nach *CD* resp. *EF* der **Fig. 241** darstellen. *O* und O_1 sind die Ofenräume, welche durch die Feuerschlitze *kk*, denen die Kanäle *g* das Generatorgas, die mit *l* bezeichneten die Luft zuführen, geheizt werden, während Füchse *s* die Verbrennungsprodukte in die kleinen Essen *ee* führen. Der Kasten des Kühlwagens *W* hat doppelte mit einem schlechten Wärmeleiter gefüllte Wände und an seinen Längsseiten die |—|-förmigen Rinnen *rr*, deren unterer Flantsch in die an den Ofenwänden befestigten Sandrinnen *ff* eingreift, so den Oberofen von dem Unterofen trennend und die Wagengestelle vor den schädlichen Einwirkungen der Hitze schützend. In die

gleichfalls sandgefüllten Rinnen *rr* und in eine ähnliche Rinne an der Hinterwand des Kastens, legt sich mit abwärts gebogenen Rändern der Deckel des letzteren, diesen dicht verschliessend. Ist aber der Wagen, wie dies **Fig. 239** zeigt, zum Füllen in den Ofen geschoben, so wird der Deckel aufgerichtet und bildet in dieser Stellung gemeinschaftlich mit dem Kasten selbst und dessen Sandrinnen den vorderen Abschluss des sonst offenen Vorderofens; gleichzeitig wird dann die zum Niederklappen eingerichtete Vorderwand *t* des Kastens umgelegt und der letztere durch die Arbeitsöffnungen *aa* gefüllt. Inzwischen wird im Nebenofen ein zweiter Wagen vorgewärmt, welcher dann, wenn der erste gefüllt und nach Verschluss der Vorderwand und des Deckels ins Magazin zum Abkühlen geschafft ist, seinerseits beschickt wird. An die Stelle des entfernten ersten Wagens kommt nun sofort ein dritter zum Anwärmen u. s. f. Das Füllen eines Wagens nimmt etwa 15 bis 30 Minuten in Anspruch und es ermöglicht dieser Ofen bei verhältnismässig geringen Anlagekosten und geringem Raumbedarf die Bewältigung einer grossen Produktion, nach welcher die Anzahl der Wagen so zu normieren, dass ihnen die nötige Zeit zur Abkühlung bleibt, die letztere ist in 2 bis 3 Stunden beendigt.

Zehntes Kapitel.

Die Kristallglasfabrikation.

Das Blei- oder Kristallglas ist englischen Ursprungs. Gleichwohl zeigt eine im Jahre 1787 von Fougeroux de Bondaroy gemachte Analyse des sogenannten Virgilschen Spiegels, dass das Bleiglas den Alten bekannt war. Dieser durchsichtige, auf beiden Seiten polierte, aber gelbgrün gefärbte Spiegel enthielt beinahe die Hälfte seines Gewichts Bleioxyd. Er näherte sich daher durch diesen grossen Gehalt an Blei mehr dem Flintglas der Optiker und dem Strass als dem gewöhnlichen Kristall.

Im übrigen verweisen wir auf die bereits in der Einleitung angezogenen Belegstellen, welche ein frühzeitiges Bekanntsein des Bleiglases andeuten.

Die Zeit, zu welcher der Bleikristall in England wieder entdeckt wurde, ist mit Genauigkeit nicht festzustellen. Die erste englische Glashütte, welche Luxusgegenstände anfertigte, wurde 1557 in London gegründet. Als Brennmaterial wendete man Holz an, und das aus Kieselsäure und Pottasche zusammengesetzte Glas wurde in offnen Häfen geschmolzen. Im Jahre 1635 wurde Robert Mansell das Monopol auf diesen Industriezweig erteilt, weil er das Holz durch Steinkohle ersetzt hatte. Allein das Geschäft entwickelte sich nur langsam; die feineren und besseren Gegenstände kamen wie zuvor von Venedig, und es verfloss ein halbes Jahrhundert, bevor England die fremden Produkte entbehren wollte. Man machte sehr bald die Beobachtung, dass dieses Glas weit stärker gefärbt war, als das mit Holz geschmolzene, und da die Ursache dieser Färbung mit Recht der Steinkohle resp. dem den mangelhaften mit ihr betriebenen Verbrennungsapparaten entsteigenden russigen Rauch zugeschrieben werden musste, so suchten die Hütten diesem färbenden Einflusse dadurch zu begegnen, dass sie den Hafen,

um die darin befindliche Glasmasse vor der Berührung mit dem Rauche zu schützen, mit einer Ueberwölbung versahen, wodurch er die Gestalt einer Retorte mit ganz kurzem Halse erhielt. Hierdurch aber wurde das in die Häfen eingelegte Gemenge der Einwirkung der Ofenhitze zum guten Teile entzogen, so dass die Schmelze unverhältnismässig verlängert wurde und man sich gleichzeitig gezwungen sah, die Menge der Schmelzmittel zu vermehren und man erkannte dann bald in dem Bleioxyd das vorzüglichste hierzu geeignete Material und verwendete dasselbe in der Folge in so grossen Verhältnissen, als es nur geschehen konnte, ohne eine gelbliche Färbung hervorzurufen. Dies war gegen Ende des 17. Jahrhunderts, denn als Dolland seine ersten Versuche über Achromatismus anstellte, scheint das Flintglas mit Bleioxyd für Trinkgläser, Vasen und dergl. schon längere Zeit in Gebrauch gewesen zu sein.

Die Glasgemenge zur Fabrikation des Kristalls sind bereits S. 331 mitgeteilt und man verwendet dazu nur die reinsten Materialien.

Um den Satz zu schmelzen, wendet man entweder offene oder bedeckte Häfen an; erstere bei Holzfeuerung, die jedoch nur wenig in Gebrauch ist oder bei Gasfeuerung, letztere bei direkter Kohlenfeuerung.

Ausser den gewöhnlich in den Satz eingehenden Bestandteilen hat man noch andere Substanzen zugesetzt und Maës und Clemandot haben schon vor länger als 20 Jahren gezeigt, dass Borsäure bei der Darstellung von Luxusgegenständen von Glas äusserst vorteilhaft angewendet werden kann; das Bleioxyd lässt sich alsdann durch Zinkoxyd und das Kali ganz oder teilweise durch Natron oder Baryt ersetzen. Die bor-kieselsauren Verbindungen von Zinkoxyd und Kali, von Kali und Baryt, von Natron und Zink, wie sie von Maës und Clemandot entweder für Gegenstände des Luxus oder für optische Gläser hergestellt wurden, sind ausgezeichnet durch ihren Glanz, ihre Dauerhaftigkeit und ihre Farblosigkeit. Der hohe Preis der Borsäure erlaubt jedoch nicht, sie für gewöhnlich anzuwenden.

Dass der Baryt schon vielfach in die Kristallglasfabrikation eingeführt worden, ist bereits an andern Orten gebührend hervorgehoben. Das Kali-Barytglas von ähnlicher Zusammensetzung als Kali-Kalkgläser zeichnet sich vor diesen durch höheres spezifisches Gewicht und schöneren Glanz aus, so dass es in dieser Beziehung zwischen dem böhmischen Kristall und dem Bleikristall mitten inne steht, letzteren auch in Bezug auf Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einwirkungen bedeutend überragend.

Die Verarbeitung des Kristallglases vor der Pfeife ist im grossen und ganzen dieselbe, wie beim gewöhnlichen Hohlglase; nur bieten die besonderen Eigentümlichkeiten des Kristalls, seine grosse Dünnflüssigkeit, die der Bearbeitung hinderlich ist, seine grössere Weichheit, die sie fördert, seine geringe Neigung zum Entglasen, welche eine häufigere Anwärmung der Stücke gestattet, sowie die leichte Reduzierbarkeit des Bleioxyds, welche zum Anwärmen eine reduzierende Flamme völlig ausschliesst, hier und da Veranlassung, Modifikationen in der Arbeit eintreten zu lassen. Um endlich beim Arbeiten grösserer Stücke, wodurch

sehr weite Hälse der Häfen, die ihrerseits ein zu schnelles Erkalten des Glases nach sich ziehen würden, erforderlich werden, die hieraus sich ergebenden Uebelstände zu vermeiden, hat man nicht selten besondere Arbeitshäfen in die Oefen eingesetzt, welche nie beschickt werden, sondern nur dazu dienen, vermöge ihrer weiten Oeffnungen ein bequemes Arbeiten zu ermöglichen, während man gleichzeitig die eigentlichen Schmelzhäfen enghalsig halten kann. An anderen Orten hat man zu gleichem Zwecke trommelartige Auftreibeöfen, welche in ihrer Konstruktion einem mit besonderer Feuerung versehenen Muffelofen gleichkommen, über welchen näheres in dem die Glasmalerei behandelnden Abschnitte gesagt werden wird.

Besonders häufig dient der Kristall zur Herstellung der verschiedensten Gegenstände in Messingformen von den früher beschriebenen Einrichtungen. Es lassen sich hiedurch und zwar auf eine weit billigere Weise, als durch Schleifen, Gefässe mit den mannigfaltigsten erhabenen und vertieften Verzierungen herstellen, doch sind die Flächen nie so eben, und die Kanten nie so scharf als bei geschliffenen Gläsern.

Zum Schleifen des Kristallglases bedient man sich senkrechter Scheiben von Eisen, Stein oder Holz, die durch den Fuss des Arbeiters, oder durch Dampf- oder Wasserkraft in Bewegung gesetzt werden. Der Gegenstand wird auf der Scheibe, auf die man fortwährend einen feinen Wasserstrahl tropfen lässt, rauhgeschliffen; hierauf auf einem Schleifsteine, dann auf einer hölzernen Scheibe, zuerst mit den Abgängen von Sand, der bereits gedient hat, und zuletzt mit Schmirgel klar geschliffen; das Polieren geschieht mit einer hölzernen Scheibe und Zinnasche, und man beendigt die Arbeit auf einer Scheibe von weichem, oder mit Wolle überzogenem Holze unter Anwendung von Eisenrot. Beim Schleifen, Polieren oder Gravieren bedient man sich bald der ebenen Seitenflächen, bald der Kanten der Schleifscheibe. Auf diese Arbeiten werden wir in einem besonderen Abschnitte zurückkommen.

Bei Mitteilung der Glassätze für Kristall ist der Verlust vom Eintragen des Glassatzes bis zur Vollendung der Produkte zu 24 Prozent angenommen worden; diese Zahl gründete sich hauptsächlich auf theoretische Betrachtungen. Zur Vervollständigung mögen die folgenden, der Erfahrung entnommenen Angaben dienen.

Nach E. Goduret, Direktor der Glasfabrik zu Baccarat, verwendet man in Frankreich, um 100 kg zum Verkauf fertiges Kristallglas zu erhalten, 144 kg Materialien, bestehend aus:

Sand	. . .	72 kg
Mennige	. . .	48 „
Pottasche	. .	24 „

Diese Substanzen verlieren beim Schmelzen, jenachdem diese Operation geleitet wird und nach der Beschaffenheit der Materialien, 13 bis 15 Prozent; im Mittel 14 Prozent; auf 144 kg berechnet man 20 kg. Man erhält also 124 kg Kristall.

Dieser Verlust rührt 1) von dem verdampfenden Wasser und der entweichenden Kohlensäure der Pottasche; 2) von der Entwickelung

von Sauerstoff bei Zersetzung der Mennige; 3) von den beim Mengen und Eintragen verstäubenden Materialien, zum Teil auch wohl von zerberstenden Häfen her.

Von der Schmelze bleibt ein Teil in den Häfen zum Ueberglasen zurück, ein anderer scheidet sich als Glasgalle ab; eine nicht unbedeutende Menge Glas hängt sich an die Werkzeuge, von welchen man es, mehr oder weniger mit Eisenoxyd verunreinigt, ablöst; wieder ein anderer Teil fällt beim Beschneiden des Glases ab, und ausserdem gibt es eine gewisse Anzahl von den Arbeitern verdorbener Stücke. Diese Abfälle sind indessen nicht gänzlich als verloren zu betrachten, indem ein Teil derselben nach gehöriger Sortierung und Reinigung bei dem folgenden Schmelzen Verwendung findet. Der wirkliche Abgang steigt auf 26,0 Prozent und macht daher auf 144 kg 37,5 kg aus, so dass man 106,5 kg fertigen Kristall erhält, der bei seiner ferneren Bearbeitung noch etwa 6 Prozent verliert, so dass 100 kg verbleiben.

Fabrikation von optischem Glase.

Bekanntlich hat man hiervon zwei Arten, nämlich bleihaltiges oder Flintglas und bleifreies oder Kronglas, das eine von dem zu seiner Fabrikation ursprünglich allein angewendeten reinen Feuersteine (Flint), das andere, als reinstes englisches Tafelglas von der bei der Mondglasfabrikation zu erwähnenden Form der geöffneten Blase, der Krone (*crown*), seinen Namen ableitend.

Zur Herstellung einfacher Linsen kann zwar sowohl die eine, wie die andere dieser Glassorten dienen, wenn auch den Bleigläsern aus dem Grunde der Vorzug zu geben, weil sie, und zwar je reicher sie an Bleioxyd sind, um so mehr das Licht stärker brechen, als das Alkalikalkglas; aber die ums Jahr 1753 von dem englischen Optiker Dolland erfundenen, durch die Eigenschaft, die Gegenstände ohne farbige Ränder erscheinen zu lassen, ausgezeichneten achromatischen Linsen, erfordern zwei Gläser von möglichst verschiedenem Brechungs- und Zerstreuungsvermögen, ein starkbrechendes, möglichst schweres Bleiglas und ein reines Alkalikalkglas.

Gehört nun auch das letztere, hier in seiner edelsten Qualität als böhmischer Kristall mit gleichen Aequivalenten Kalk und Kali gewöhnlich angewendet, mit Rücksicht auf seine chemische Zusammensetzung nicht hierher, so hat doch die Herstellungsart desselben, sobald es eben zu optischen Zwecken Verwendung finden soll, soviel mit der des Flintglases gemein, dass es zweckmässig erscheint, einer Beschreibung der letzteren einige Bemerkungen über jene anzuschliessen.

Ueber die Verwendung des Thalliums und Lithiums in der Fabrikation des Flintglases ist bereits an einem früheren Orte das nötige gesagt worden und können wir uns hier auf die Betrachtung der Bleikaligläser allein beschränken. Während wir aber rücksichtlich der Zusammensetzung derselben uns auf früher mitgeteilte Analysen, rücksichtlich der Gemenge auf die an betreffender Stelle gegebenen Vorschriften für dieselben beziehen, erübrigt nur, hier nochmals darauf hinzuweisen,

dass eine sorgfältigste Auswahl der Schmelzmaterialien in Bezug auf Reinheit und gleichbleibende Zusammensetzung bei den optischen Gläsern mehr als bei irgend einem andern unbedingtes Erfordernis für die Erlangung qualifizierter Produkte ist. Nur die reinste, aus den feinsten Bleien ganz besonders hergestellte Mennige, die höchst raffinierte, fast chemisch reine Pottasche, der reinste, eisenfreie Quarz können hier Verwendung finden.

Das Schmelzen des Flintglases geschieht auf dieselbe Weise wie das des bleihaltigen Kristallglases und bedient man sich dabei eines besonderen Schmelzofens mit nur einem einzigen Hafen.

Da die Glassätze im Verhältnis zum Sande eine beträchtliche Menge Mennige enthalten, so zeigt das Glas, wenn es flüssig geworden ist, ähnlich wie die meisten Legierungen, eine grosse Neigung sich in Schichten von verschiedener Zusammensetzung, also verschiedenem spezifischen Gewichte abzusondern. Es ist aber gerade bei dem zu optischen Instrumenten bestimmten Flintglase erforderlich, dass es vollkommen homogen sei, so dass polarisiertes Licht keine Ungleichheiten darin wahrnehmen lässt.

Lange hatte es nicht gelingen wollen, diesen Anforderungen entsprechende Gläser zu erzeugen, bis endlich Guinand der Aeltere, ein der Glasfabrikation völlig fernstehender Uhrmacher zu Brenets im Kanton Neufchatel, in dem Bestreben, ein zufällig in seine Hände gekommenes achromatisches Fernrohr nachzubauen, das geeignete Mittel fand. Aufmerksam geworden auf die ausgezeichnete Qualität des von Guinand gefertigten Glases beriefen diesen im Jahre 1805 Utzschneider und Fraunhofer in München nach Benediktbeuern, wo ihm, durch bedeutende Geldmittel und Arbeitskräfte unterstützt, endlich die Lösung der Aufgabe, wenn auch nur in beschränktem Masse gelang. Man erzählt, dass nach dem Tode Guinands dessen Sohne die Darstellung von homogenem Flintglase nicht gelingen wollte, obgleich er die von seinem Vater angewendeten Glassätze kannte. In seiner Trostlosigkeit beklagte er sich bei seiner jungen Frau über seine Misserfolge, die ihm sofort von einem besondern Umstande in Kenntnis setzte, der ihrem Manne entgangen zu sein schien, von ihr jedoch, bei ihrem oft längeren Warten, wenn sie ihrem mit den Leuten beschäftigten Schwiegervater die Mahlzeiten brachte, wahrgenommen war. Diese Mitteilung genügte dem Sohne nun auch sofort, das zur Flintglasdarstellung angewendete Verfahren wieder aufzufinden.

Nach diesem Verfahren wird die flüssige Glasmasse während der Läuterung mittels eines gebrannten hohlen Cylinders von Hafenthon, der an seinem oberen Ende mit einem breiten Rande und einer Oeffnung versehen ist, in welche ein eiserner Haken eingeschoben und befestigt, anhaltend umgerührt. Dieser Haken ist entweder an einer Kette aufgehängt oder ruht auf einem vor der Arbeitsöffnung aufgestellten Bocke. Beim Umrühren führt man den Haken in den auf dem Glase schwimmenden Thoncylinder ein, taucht diesen in das flüssige Glas und bewegt ihn in konzentrischen Kreisen in demselben herum, mit der Vorsicht, dass derselbe weder dem Boden noch den Seitenwänden

des Hafens zu nahe komme; nach jedem Umrühren zieht man das Eisen aus dem Cylinder, lässt aber diesen, damit er seine Hitze behalte, auf dem Glase schwimmen.

Das erste Rühren nach beendeter Schmelze hat den Zweck, den Thoncylinder an seiner Oberfläche mit dem Glase zu überziehen. Man wärmt jenen zunächst in einem besonderen Ofen oder auch in dem Halse des Hafens vor, bis er die Temperatur des schmelzenden Glases erlangt hat. Dann bringt man ihn in das Glas, taucht ihn mit dem Haken unter und beginnt das Rühren, welches etwa 18 bis 20 Minuten fortgesetzt wird, während welcher Zeit aber alle 3 bis 5 Minuten, gewöhnlich 4 mal, der Haken gewechselt wird, weil derselbe in der hohen Temperatur des Ofens so schnell oxydiert, dass man bei längerem Verweilen desselben im Hafen eine Verunreinigung des Glases durch losgelösten Glühspan würde zu befürchten haben. Nachdem der vierte Haken gerührt worden, zieht man diesen aus dem Hafen, lässt aber den Thoncylinder auf dem Glase schwimmen, wobei man darauf achtet, durch Anlehnen seines breiten, oberen Randes an die Hafenwand ein Eintreten von Glas in die Höhlung infolge allzu starker Neigung zu verhindern und schliesst die Arbeitsöffnung des Hafens.

Das zweite Umrühren erfolgt 3 bis 4 Stunden später und es wird nun diese Operation, jedesmal 15 bis 20 Minuten dauernd, in gleichen Zwischenräumen wiederholt, wobei man die Stange, so oft als es nötig wird, wechselt; im ganzen wird fünf- bis sechs- ja achtmal während der 24stündigen Läuterung umgerührt. Während dieser Operation vermeidet man sorgfältig die Entstehung von Rauch; dann schreitet man zum Kaltschüren, welches darin besteht, dass man die Herdthüren öffnet, die Vorsetzer von den Arbeitsöffnungen entfernt und auf die früher beschriebene Weise eine Glut macht.

Wenn die herausgenommenen Proben das Ende des Kaltschürens anzeigen, wird in der Regel, um das Glas noch einmal ins Aufwallen zu bringen, wieder 5 Stunden lang gefeuert. Nach dieser Zeit verstopft man den Rost, verschliesst die Thüren und nimmt ein letztes Umrühren vor, welches diesesmal ununterbrochen zwei Stunden lang oder solange unterhalten wird, als das immer zähflüssiger werdende Glas es erlaubt. Ist das Glas bis zu dem Grade abgekühlt, dass das Umrühren nicht fortgesetzt werden kann oder sehr schwer wird, nimmt man den Cylinder aus dem Hafen, lässt das Glas, um ein Entglasen zu verhüten, schnell bis zur Erstarrung bei dunkler Rotglut abkühlen, was man durch Abräumen des Rostes, Oeffnen des Hafenthors und des Hafenhalses unterstützt, schliesst dann, wenn nach erfolgtem Erstarren die Gefahr des Entglasens beseitigt ist, alle Oeffnungen des Ofens und überlässt ihn sich selbst, wobei man, um dem möglicherweise aus Brennmaterialresten entstandenen Rauch einen Ausgang zu verschaffen, in der Kappe eine 2,5 cm weite Oeffnung lässt.

Nach acht Tagen etwa ist der Ofen erkaltet, der Hafen wird aus demselben genommen und zerschlagen und man findet nun den Inhalt desselben als einzigen Glasblock von der Gestalt des Hafeninnern vor oder aber in eine kleinere oder grössere Anzahl grösserer oder kleinerer

Stücke gespalten, eine Folge zu schneller anfänglicher Kühlung. Das Ganze oder die einzelnen Stücke werden nun mittels entgegengesetzter Seitenschliffe auf ihr optisches Verhalten sehr genau untersucht. Es finden sich fast stets fehlerhafte Stellen, die ausgeschnitten werden müssen, worauf dann die tadellosen Stücke zur weiteren Bearbeitung kommen.

Die Darstellung des Kronglases ist dieselbe wie die des Flintglases. Der Satz wird auf drei- oder viermal eingetragen; 5 Stunden nach dem Schmelzen, welches 8 bis 10 Stunden dauert, beginnt das Umrühren, welches jedesmal solange fortgesetzt wird, als es die eiserne Stange, ohne ausgewechselt werden zu müssen, erlaubt; das Umrühren wird von zwei zu zwei Stunden sechsmal wiederholt. Das Kaltschüren nimmt zwei Stunden in Anspruch, worauf man, nachdem man wieder sieben Stunden gefeuert hat, das Läutern vornimmt; hierauf schreitet man zum letzten Umrühren, welches nur eine Stunde fortgesetzt wird. Man zieht alsdann den Cylinder heraus und verfährt im übrigen, wie oben beschrieben wurde.

Das Geheimnis Guinands wurde später von seinem Sohne an Bontemps verkauft, der dasselbe weiter ausbildete und vervollkommnete. Bontemps bediente sich zum Schmelzen des Flintglases eines runden Ofens, der in **Fig. 244, Taf. XXIII,** im Grundriss und in **Fig. 245, Taf. XXIII,** im Aufriss abgebildet ist. Die Zeichnung, welcher entsprechend auch die heute üblichen Oefen eingerichtet sind, erklärt sich nach der oben gegebenen Beschreibung der Schmelze von selbst.

Die politischen Verhältnisse Frankreichs veranlassten Bontemps im Jahre 1848 nach England überzusiedeln, um dort in die Firma Gebrüder Chance & Komp. in Birmingham einzutreten. Hier vervollkommnete er das Verfahren so, dass die genannte Firma schon 1851 eine Flintglaslinse von 73 cm Durchmesser und 200 kg Gewicht auszustellen vermochte.

In Frankreich hat sodann Feil, des jüngern Guinand Enkel, und später dessen Sohn Weltruf in der Fabrikation optischer Gläser erlangt und Objektivs von 60, 80, neuerdings sogar von 96 cm Durchmesser geliefert.

Die im Jahre 1882 von Feil für Alban Clark & Söhne in Cambridge, Mass. gelieferten Scheiben für das Objektiv eines Riesenrefraktors für das Lick-Observatorium hatten 937 cm Durchmesser bei einer Stärke von 369 cm und einem Gewicht von ca. 190 kg. Der Guss dieser Scheiben dauerte 4 Tage und verursachte einen Aufwand von 160 Ztr. Kohlen; der Kühlprozess währte 30 Tage. Die den grossen Ansprüchen, welche an ihre Qualität gestellt wurden, in jeder Beziehung vollkommen genügenden Scheiben kosteten nicht weniger als 350000 Frks.

Behufs weiterer Verarbeitung der bei der Prüfung und Zerteilung der erschmolzenen Glasmasse erhaltenen einzelnen Stücke, schlägt man zunächst die schief vorspringenden Ecken ab und legt jene dann in eine mit feinem Sande angefüllte thönerne Schale, nachdem man zuvor mittels einer Linse oder Platte in dem Sande eine der herzustellenden

Form des Glases entsprechende Vertiefung hervorgebracht hat. So vorgerichtet wird das Ganze unter eine Muffel zum Schmelzen gebracht. Das unregelmässig gestaltete Stück Glas sinkt durch sein eigenes Gewicht nieder, breitet sich in der in dem Sande gemachten Vertiefung aus und stellt nach dem Abkühlen eine rohe zum Schleifen vorbereitete Linse oder Platte dar.

Bei der Herstellung grösserer Linsen bedient man sich zu dieser Formung eines besonderen, aus 3 Abteilungen bestehenden Ofens, in deren erster das Stück erweicht, in deren zweiter es mit Hilfe geeigneter Holzkrücken in die aus feinstem Thon gebildete, mit Kalkpulver eingestaubte Form gedrückt und oberflächlich geglättet wird, in deren dritter es endlich den Kühlprozess durchmacht. Die für sehr grosse Linsen bestimmten Stücke endlich lässt man in einem besonderen, muffelartigen Ofen in ihrer Form erweichen, bedeckt sie dann mit einer Glocke aus feuerfestem Thon und lässt sie in dem dicht verschmierten Ofen selbst den Kühlprozess durchmachen.

Endlich erhalten die so vorbereiteten Stücke ihre Vollendung durch die Operationen des Schleifens und Polierens.

Die Okular- wie auch die Objektivgläser zu Fernröhren, Mikroskopen, Teleskopen und einer Menge anderer optischer Instrumente sind sphärisch, konvex oder konkav, ihre Krümmungslinien entsprechen einem Kugelschnitt, der durch einen bestimmten Radius gegeben wird. Folglich müssen auch die zum Schleifen und Polieren dienenden Werkzeuge so geformt sein, um damit irgend einem flachen Stücke Glas eine Kugelgestalt geben zu können.

Der ursprüngliche Apparat zum Schleifen und Polieren von Gläsern für optische Zwecke hat grosse Aehnlichkeit mit einer Töpferscheibe; eine aufrecht stehende Welle trägt auf ihrem oberen Ende, je nach dem zu formenden Gegenstande eine konvexe oder konkave kupferne Scheibe; das zu bearbeitende Stück Glas wird mittels Pech auf einem hölzernen Stiele befestigt. Indem man nun etwas mit Oel oder Wasser angemachten Schmirgel auf die in Bewegung versetzte Scheibe bringt und das Glas senkrecht gegen die Platte drückt, erhält das Glas allmählich eine konvexe oder konkave, überhaupt eine der Platte entsprechende Gestalt. Für die verschiedenen Arten und Grössen der Gläser muss man eine bedeutende Anzahl solcher Platten in Bereitschaft haben.

Um die Arbeit des Schleifens und Polierens für kleinere Linsen gewöhnlicher Qualität, welche in grosser Menge gefertigt werden sollen, möglichst zu vereinfachen, bedient man sich verschiedener Maschinen, auf deren nähere Besprechung, als ausserhalb des Rahmens unserer Betrachtung fallend, wir verzichten müssen.

Im allgemeinen bestehen dieselben aus einem Gestelle von Holz, in welchem eine Reihe gusseiserner Unterlagen von der Gestalt eines Champignons befestigt sind. Die obere Fläche einer jeden derselben bildet einen Kugelabschnitt von bestimmtem Radius; sie wird mit ebenso vielen geschnittenen, oder durch Erweichen geformten, mittels Pech darauf befestigten Glasstücken besetzt, als sie deren aufnehmen kann. So vorgerichtet überdeckt man die Gläser mit einer gusseisernen Haube,

dem Reiber, der ebenfalls vollkommen rund ist, und dessen Radius um die Stärke der fertigen Linse grösser ist, als derjenige des unteren Pilzes. Auf dem Scheitel des Reibers befindet sich eine kleine Vertiefung, in welche man einen an dem untern Schenkel einer starken, im spitzen Winkel gebogenen Feder befestigten Zapfen bringt; der obere Schenkel der Feder geht durch das Ende einer vertikalen Welle, die hier ein längliches Loch hat, in welchem sich die Feder hin und her bewegen, sowie durch eine Klemmschraube feststellen lässt; vermittelst dieser Anordnung lässt sich die Exzentrizität des Zapfens in Beziehung auf die senkrechte Welle vergrössern, verringern und ganz aufheben, so dass die so angebrachte Feder die Funktionen eines Krummzapfens versieht. Die sich um sich selbst drehende aufrechte Welle kann sich, wie die einer Bohrmaschine, nach Erfordernis in ihren Lagern auf und ab bewegen.

Wird die stehende Welle in Bewegung versetzt, so erhält die mit ihrem Zapfen auf den Reiber drückende Feder eine exzentrische Rotationsbewegung, während ein Hahn die auf der untern Fläche befestigten Gläser, wenn man „rauh" schleift mit Sand und Wasser, wenn man „klar" schleift mit Schmirgel und Wasser, und während man poliert mit Eisenrot und Wasser versieht. Beim Rauhschleifen wird der obere Reiber im Innern nicht mit Gläsern belegt; beim Klarschleifen ist seine innere Fläche mit konkaven Gläsern versehen, die auf den auf der unbeweglichen Unterlage befestigten konvexen Gläsern schleifen; beim Polieren ist sein Inneres mit Filz ausgelegt und der Druck ganz schwach.

Bei der Anfertigung von konkaven Gläsern versieht man das Innere des Reibers mit Gläsern, die sich dann auf der festen Unterlage schleifen; während des Rauh- und Klarschleifens bedient man sich mehrerer Sorten geschlämmten Schmirgels.

Um in dem Glase Streifen und Kritzeln zu vermeiden, wendet man bei jeder dieser Operationen besondere Werkzeuge an; ebenso wie auch die Rauhschleifmaschine nicht als Klarschleifmaschine benutzt werden darf, oder nur dann, nachdem man sie zuvor sorgfältig gereinigt hat.

Die oben beschriebene Maschine wird nur bei Anfertigung von Gläsern mit weitem und mittlerem Fokus angewendet; die mit kurzem Brennpunkte, sowie die Halbkugeln zur *Laterna magica,* werden auf einem sich rasch drehenden Reiber, auf welchen der Arbeiter das auf dem Ende eines hölzernen Stieles befestigte Glas drückt, erst mit nassem Sande, dann mit nassem Schmirgel rauhgeschliffen.

Für grosse Linsen werden die metallenen Schleifschalen sehr schwer und teuer; man ersetzt dieselben daher nach Foucanets Vorgang durch gläserne. Die Schale wird auf einem festen Pfeiler montiert, Schmirgelbrei darauf getragen, die rohe Linse hineingelegt, gleichmässig nach allen Richtungen hin herumgedreht und so allmählich unter zeitweiliger Erneuerung des Schleifmittels in die Form der Schale geschliffen. Unter Anwendung immer feinerer geschlämmter Schmirgelsorten geht dann in gleicher Weise das Feinschleifen vor

sich, welches fortgesetzt wird bis das Glas opalartig durchscheinend wird, dann nimmt man es aus der Schale, beklebt diese mit recht gleichförmigem Papier, reibt letzteres mit einem schwachfeuchten Schwamm, so dass es plüschartig rauh wird (man erreicht dadurch ein besseres Haften des Poliermittels) lässt trocknen, staubt das Poliermittel auf, glättet mit Beinstein, und bürstet das Ueberflüssige ab *), worauf man die durch Waschen sorgfältig gereinigte und getrocknete Linse in die so erhaltene Polierschale zurückbringt und fertig poliert. Nach Beendigung des ersten Polierens wird dann die Linse optisch sorgfältig untersucht, ihre Fehler werden ermittelt und durch mehrfach aufeinander folgendes allgemeines und partielles Polieren allmählich beseitigt.

*) Henrivaux, 370.

Elftes Kapitel.

Die Darstellung der Millefiori-Petinet- oder Spitzen- und Filigran- oder Fadengläser, der retikulierten Gläser, des Marmor- und Eisglases, der Inkrustationen u. dergl. m.

Im vorhergehenden Abschnitte ist von der Anfertigung einfacher Glasstäbe die Rede gewesen; zur Herstellung der unter dem Namen Millefiori- und Filigranarbeiten bekannten Gläser aber, von denen die ersteren an ihrer Oberfläche oder in ihrer Masse mosaikartige Zeichnungen darbieten, während die letzteren von zahlreichen weissopaken oder bunten feinen Fäden in den mannigfaltigsten Verschlingungen durchzogen erscheinen, bedarf man nach bestimmten Gesetzen zusammengesetzter Glasstäbe, deren Gewinnung wir zunächst kennen lernen müssen, bevor wir die Fabrikation jener Gläser selbst besprechen können.

Die schönsten dieser schon den Alten bekannten, später von den Venezianern hauptsächlich kultivierten Filigrangläser zeigen fast ausschliesslich weissopake Fäden in farbloses Glas eingebettet *(latticinio)* und mit Recht wird man die Vorzüglichkeit der Arbeit neben der graziösen Form dieser Gläser nach der Reinheit und Feinheit der Fäden beurteilen, während bunte Farben nur störend wirken.

Die Grundlage aller dieser zu den genannten Gläsern verwendeten Stäbe, der Elemente derselben, ist ein einfacher mit farblosem Glase umhüllter weissopaker Faden, den **Fig. 246, Taf. XXIII,** im Querschnitt zeigt. Um ihn zu gestalten nimmt der Glasmacher mit dem Hefteisen etwa 200 g opakes Glas aus dem Hafen, marbelt es zu einem Cylinder von etwa 6 bis 8 cm Länge, lässt etwas erkalten, taucht ihn in weisses durchsichtiges Glas, so mit einer etwa 5 mm starken Hülle ihn umgebend, verteilt diese durch wiederholtes Marbeln recht gleichmässig, erhitzt dann stark und zieht in Gemeinschaft mit dem Gehilfen, welcher an das freie Ende des Cylinders ein zweites Eisen heftet, den letzteren zu einem 4 bis 6 mm starken Stabe aus. Ausserdem versieht sich

der Glasmacher noch mit gleichstarken Stäben von durchsichtigem Glase und verfährt nun zur Herstellung der eigentlichen Elemente für die Filigrangläser folgendermassen.

Um aus diesen Elementen Stäbchen mit Fäden in gedrängten Spirallinien zu erhalten, welche in der Seitenprojektion gesehen, namentlich wenn sie durch die spätere Verarbeitung abgeplattet sind, Netze mit gleichen oder ungleichen Maschen ergeben, wie **Fig. 247** und **248, Taf. XXIII**, zeigen, stellt man in eine metallene oder thönerne cylindrische Form **Fig. 249, Taf. XXIII,** abwechselnd Stäbchen mit einfachen Fäden und solche aus reinem weissen Glase, einfach alternierend, wenn gleichmaschiges Netzwerk erzeugt werden soll, oder mehrere der ersteren mit mehreren der letzteren wechselnd bei ungleichen Maschen, indem man sie gleichzeitig durch Eindrücken in eine auf dem Boden der Form ausgebreitete dünne Lage weichen Thones in ihrer Lage erhält. Dann marbelt man aus durchsichtigem Glase einen massiven Cylinder, der in die mit den Stäbchen ausgelegte Form hineinpasst, wärmt letztere bis zur Rotglut vor, erhitzt den Glascylinder stark und stösst ihn derartig in die Form, dass er, sich ausbreitend, gegen die Stäbchen drückt, welche sich infolgedessen an seine Oberfläche anhängen. Nun zieht man den Cylinder aus der Form, letztere zurückhaltend, erhitzt ihn abermals, marbelt, um ihn inniger mit den anhaftenden Stäbchen zu verbinden und deren farblose Hüllen zu einer den ganzen Körper gleichmässig umgebenden Schicht zu vereinigen. So entsteht ein massiver, farbloser Glascylinder, welcher nahe seiner Oberfläche von einer grösseren oder geringeren Anzahl seiner Achse parallel laufender opaker Fäden durchzogen ist. Nun wird der Cylinder abermals erhitzt, an einem unteren Ende mittels der Zange zu einer Art Spitze zusammengedrückt, in welche dann alle jene Fäden gleichmässig verlaufen, und unter fortwährendem Rotieren des den Cylinder tragenden Eisens mit der Zange jene Spitze zu einem Stäbchen von 10 bis 15 cm Länge und 6 mm Dicke ausgezogen, wobei sich die Fäden spiralförmig um das gebildete Stäbchen herumwinden. Nachdem das letztere mit der Zange abgezwickt worden, wird das Ende des Cylinders abermals erhitzt, ein neues Stäbchen ausgezogen u. s. f. bis der ganze Cylinder ausgearbeitet ist.

Soll nur ein einfaches, aus mehreren, beispielsweise sieben Fäden gebildetes Band den Stab umschlingen, wie **Fig. 250, Taf. XXIII**, andeutet, so stellt man sieben Stäbchen mit opakem Kern nebeneinander in die Form und füllt den übrigen Raum des Umfangs der letzteren mit farblosen Stäbchen aus. Eine der vorigen gleiche weitere Behandlung wird dann die gewünschte Zeichnung ergeben.

Wenn die Musterung, wie die in **Fig. 251, Taf. XXIII,** dargestellte, sogenannte Paternosterkugeln zeigen soll, so bläst man an der Pfeife einen kleinen Hohlcylinder, den man an seinem äusseren Ende öffnet und auf dem Marbel so flach drückt, dass gerade die Stäbchen sich noch in die so gebildete enge Kapsel einschieben lassen. Vier, fünf, sechs oder mehr einfache Fadenstäbchen werden dann, wie **Fig. 252, Taf. XXIII,** zeigt, eingelegt, das offene Ende der Kapsel wird erhitzt und mit der Zange zugekniffen, das Ganze zum Erweichen gebracht und von dem Glasmacher durch die Pfeife die Luft aus der Kapsel

gesogen, während gleichzeitig ein Gehilfe auf das flache Hohlglas drückt, wodurch eine flache, volle Masse entsteht, in welche die Stäbchen eingebettet sind. Der Arbeiter bringt nun nacheinander auf die beiden Breitseiten des so erhaltenen Körpers eine kleine Menge weichen farblosen Glases und marbelt um aus dem Ganzen wieder einen Cylinder zu bilden, in dessen Zentralebene die aneinandergereihten Stäbchen liegen. Endlich zieht er den erhaltenen cylindrischen Glaskörper unter fortwährendem Rotieren ganz in der oben beschriebenen Weise aus, wobei das sich windende Fadenband in seiner seitlichen Projektion die verlangte Zeichnung liefert.

Wenn der für Paternosterkügelchen gebildete Cylinder in die mit den Stäbchen ausgesetzte Form für quadrilliertes Netzwerk anstatt des hierbei gebräuchlichen farblosen Cylinders eingeführt wird, so erhält man durch die Ausbildung Elemente mit beiden Zeichnungen nach **Fig. 253, Taf. XXIII.**

Zuweilen erscheint im Zentrum der Elemente ein im Zickzack laufender Faden. Um diese Zeichnung zu erhalten, bildet man einen farblosen, massiven Cylinder von dem halben Durchmesser des später auszuziehenden, klebt parallel der Achse desselben an seine Oberfläche ein farbiges Stäbchen, überzieht das Ganze mit dem Reste des durchsichtigen Glases, bis der durch neues Marbeln erhaltene Cylinder die für die Stäbchenform erforderliche Stärke hat und arbeitet fertig wie gewöhnlich. Da der eingelegte Faden nicht im Zentrum des Cylinders sich befindet, so wird er sich hierbei spiralförmig um die Achse winden und in der Projektion gesehen als Zickzacklinie erscheinen.

In ähnlicher Weise lassen sich selbstverständlich die verschiedenartigsten Kombinationen nicht nur weisser sondern auch buntfarbiger Fäden mit durchsichtigen und undurchsichtigen, weissen oder bunten Grundmassen herstellen.

Die so erhaltenen einfachen Fäden, oder gedrehten Spitzen- oder Petinetstäbchen dienen nun zur Zusammensetzung der Faden-, Band- oder Spitzengläser (Filigran-, Petinet-, Latticiniogläser). Da bei der Verarbeitung derselben zu den letztgenannten beiden Spezialitäten die einzelnen Stäbchen sich abplatten müssen, so muss die Glasmasse aus der sie angefertigt werden, leichter schmelzbar sein, als die sie verbindende Kristallmasse. Für das Spitzenglas werden Petinetstäbe, entweder für sich allein oder in Verbindung mit einfachen Stäben und Fäden, für das Bandglas farbige und Emailstäbe, für das Fadenglas farblose Stäbe mit Fäden abwechselnd angewendet. Man unterscheidet wohl auch deutsches, französisches und schottisches Fadenglas; zu ersterem werden nur Fäden aus Email genommen; beim französischen sind die Fäden gefärbt und beim schottischen kreuzen sich bunte Fäden.

Die erste Arbeit, wenn Gegenstände der genannten Arten gefertigt werden sollen, besteht in der Anfertigung der Hülsen. Zu diesem Zwecke werden die Glasstäbchen, farbige mit farblosen abwechselnd, am Umfang einer cylindrischen Thonform, ähnlich der vorstehend bei Besprechung der Elementenbildung beschriebenen, auf deren Boden zum Festhalten der Stäbchen etwas plastischer Thon gedrückt ist, senkrecht aufgestellt. Die Zahl der Stäbchen richtet sich nach dem zu fertigen-

den Gegenstande. Um daraus einen Gegenstand zu formen, wird ganz in der früher angegebenen Weise in den aus Stäbchen gebildeten Cylinder Kristallglasmasse eingeblasen, an welcher nun die Stäbe festhaften, worauf das Ganze aus der Form genommen und durch Einhalten in die Arbeitsöffnung erweicht wird. Sodann werden die untern Enden der Elemente mit einer Zange zusammengebogen und die vorstehenden Enden abgeschnitten. Sollen die Fäden schraubenförmige Windungen um den darzustellenden Gegenstand bilden, so vereinigt man die Enden der Stäbe zu einem Knopfe, der geschreckt wird und dreht, während man letzteren mit der Zange festhält, die Pfeife mit dem wieder angewärmten Glaskörper um ihre Achse, wodurch die Stäbe die gewünschte Lage erhalten. Der Knopf wird dann abgeschnitten, das Ganze mit Kristallglas überfangen und der Gegenstand in der gewöhnlichen Weise fertig gemacht.

Die **Fig. 254** bis **256, Taf. XXIII,** zeigen drei solcher aus den Ateliers der bereits früher erwähnten Ehrenfelder Glashütte hervorgegangene Latticiniogläser. **Fig. 254** ist ein Schmuckschälchen von 125 mm Durchmesser, abwechselnde Bänder aus einem breiteren gelbopaken Streifen und aus vier feinen weissopaken Fäden auf durchsichtigem Grunde zeigend. **Fig. 255** stellt einen Teller von 280 mm Durchmesser in der Art der altvenezianischen dar, welcher aus drei verschiedenartigen, regelmässig sich wiederholenden weissopaken Latticiniomustern auf gleichfalls durchsichtigem Grunde zusammengesetzt ist. **Fig. 256** endlich ist eine 180 mm weite Visitenkartenschale, wie der Teller weissopake Fadenmuster in hellem Grunde zeigend.

Retikulierte Gläser nennt man solche Glaswaren, welche in ihrer Masse, z. B. in dem Kelche oder dem Fusse von Stengelgläsern, ein netzförmiges Gewebe weissopaker Fäden mit gleichen Maschen zeigen, deren jede eine kleine Luftblase einschliesst, so dass die letzteren in regelmässige, sich kreuzende Reihen geordnet erscheinen.

Die Kunst der Anfertigung retikulierter Gläser ist venezianischen Ursprungs; sie war verloren gegangen, ist aber durch die Bemühungen Pohls, Direktors der Josephinen-Glashütte bei Warmbrunn und Bontemps, Direktors der Glasfabrik Choisy le Roi, wieder aufgefunden worden.

Nach der von Pohl zur Anfertigung retikulierter Gläser gegebenen Unterweisung teilt sich das Verfahren in die Vorbereitung zur Arbeit und in die vollständige Herstellung. Die erstere besteht in der Anfertigung konisch geschnürter Hülsen. Hierzu werden helle Glasstäbchen mit zentralem weissopaken Faden um zwei auf einem cylinderförmigen Stücke Holz oben und unten befestigte Glasringe dicht nebeneinander aufgestellt und mit zwei Drahtringen umschlossen, so dass sie nach dem Herausnehmen des Holzcylinders weder nach aussen noch nach innen ausweichen können, eine Arbeit, die, nachdem man einige Uebung darin erlangt hat, leichter von statten geht, als man es auf den ersten Blick erwarten sollte. Die Zahl der Stäbchen richtet sich nach dem Umfange des anzufertigenden Gegenstandes, und hiernach werden auch die Reifchen, von denen je zwei immer von gleichem Durchmesser sein müssen, grösser oder kleiner gewählt.

Die so vereinigten Stäbchen werden nun in eigens dazu bestimmten, mit Deckeln versehenen thönernen Töpfchen bis zu einer Temperatur, bei welcher sie an frisch aufgenommenem Glase haften, langsam angewärmt, das Töpfchen wird aus dem Ofen genommen, der Deckel entfernt und der aus den Stäbchen gebildete Cylinder an eine Pfeife geheftet, indem man den trompetenartig erweiterten Rand eines an der letzteren erblasenen und an seinem untern Ende geöffneten Kölbchens auf die oberen Enden der Stäbchen drückt. Sodann werden die Drähte abgestreift und die Glasfäden nach und nach, durch Anwärmen, aneinander befestigt. Das noch offene Ende des Cylinders schliesst man durch aufgenommenes Glas. Der Cylinder, der während dieser Arbeit bereits eine etwas konische Gestalt erhalten hat, wird, während gleichzeitig die Pfeife rechts oder links gedreht wird, in die Länge gezogen, wodurch sich die Glasfäden spiralförmig winden und in der Spitze des Kegels zusammenlaufen, während gleichzeitig seine ganze innere und äussere Oberfläche mit entsprechend verlaufenden schnurartigen Kannelierungen bedeckt ist. Diese Kegel werden, je nach der Grösse des ursprünglichen Cylinders, 0,3 bis 0,6 m lang und müssen in Vorrat gefertigt werden, die eine Hälfte links, die andere rechts gewunden. Man zersprengt sie am Sprengrade in 8 bis 15 cm lange Hülsen und wählt aus dem Vorrate die zu einander passenden aus.

Zum Fertigmachen nimmt man zwei in entgegengesetzter Richtung gewundene und ineinander passende Hülsen, stellt sie, das verjüngte Ende nach unten, zum Anwärmen in die schon früher gebrauchten Töpfchen. Die engere der beiden Hülsen, die stets um etwa 1,5 cm länger sein muss als die weitere, wird nun mit dem weiteren Ende an die Pfeife geheftet, das engere Ende vorsichtig zugezogen oder durch Zusammendrücken mit der Zange geschlossen und hierauf die weitere Hülse darüber geschoben, **Fig. 257, Taf. XXIII.** Nachdem dies geschehen, wird das Ganze bis zur Dehnbarkeit erwärmt und in die innere Hülse geblasen, um sie mit der ersteren zu vereinigen. Indem hierbei die Stäbchen der beiden, nach verschiedenen Richtungen gewundenen Cylinder sich kreuzen, schliessen sie die in den Kannelierungen befindliche Luft ein und bilden so die regelmässigen Bläschen, das Charakteristische der retikulierten Gläser. Die weitere Behandlung ist von der des gewöhnlichen Hohlglases nicht verschieden.

Zwei retikulierte Gläser, ebenfalls der Ehrenfelder Glashütte entstammend, sind in den **Fig. 258** und **259, Taf. XXIII,** abgebildet.

Wenn man in der oben beschriebenen Weise nach dem Muster der **Fig. 246, Taf. XXIII,** aus zwei verschiedenartig gefärbten Glassorten ein Stäbchen beispielsweise mit rubinrotem Kern in weissopaker Umhüllung herstellt, dann sieben solcher Stäbchen, nach **Fig. 260, Taf. XXIII,** zusammengebunden, durch Erweichen und Marbeln in der Weise vereinigt, dass die Hüllen der dunkeln Kerne nach **Fig. 261, Taf. XXIII,** zu einer Masse sich vereinigen, so erhält man einen neuen Cylinder, dessen Querschnitt sieben rote Punkte auf weissem Grunde zeigt und der durch nachfolgendes Ausziehen unter Vermeidung jeder Drehung zu einem schwachen Stäbchen sich ausrecken lässt, das an allen Stellen denselben Querschnitt in entsprechend verminderten Dimen-

sionen zeigt. Durch abermalige Zusammenfügung von sieben solcher Stäbchen erhält man den Cylinder **Fig. 262, Taf. XXIII,** welcher nach abermaligem Ausziehen ein dünnes Stäbchen liefert auf dessen Querschnitt siebenmal sieben feine rote Punkte in weissem Grunde regelmässig gruppiert sind.

In derselben Weise lassen sich Stäbchen von allen möglichen Querschnittsformen, von den einfachen bis zu den kompliziertesten herstellen. Der Glasmacher kann beispielsweise, wie **Fig. 263, Taf. XXIII,** vorführt, um ein weisses Stäbchen sechs dunkelrote Ansätze anlöten, welche er mittels einer feinen Zange zu dreikantig prismatischen Flügeln formt, die an ihrem Grunde ineinander übergehen, so einen sechseckigen Stern bildend. In die Ecken setzt er abermals sechs dreikantige Prismen von gelbem Glase und bringt zwischen die Strahlen des so entstandenen gelben Sterns hellviolette Stäbe mit weissem zentralen Faden. Jetzt wird durch Marbeln ein Cylinder gebildet und dieser in eine mit ganz gleichen violetten Stäbchen, die jedoch schwarze Fäden einschliessen, ausgelegte Form gestaucht. Nach abermaligem Marbeln wird dann der Glaskörper in eine zweite Form gebracht, welche mit weissen halbrunden Stäben ausgelegt ist, worauf das Ganze mit türkisblauem Glase überfangen wird; endlich bildet man, versetzt gegen die weissen Halbkreise, mit der Zange weisse Zacken, füllt deren Zwischenräume mit dunkelrotem oder schwarzem Glase aus und marbelt nochmals zum Cylinder. Nachdem man durch Ausziehen Stäbe vom Querschnitt der **Fig. 259, Taf. XXIII,** erhalten, legt man mit diesen eine Form aus und staucht in letztere einen ähnlich, nur in anderer Farbenzusammenstellung gebildeten Cylinder, marbelt und erhält nun durch Ausziehen auf 10 bis 15 mm Stärke schon sehr reich dekorierte Muster.

Durch Zerteilen solcher Stäbe in kleine Stückchen, erhält man nun zahlreiche Plättchen, welche genau dieselbe Zeichnung zeigen und zur Herstellung der sogenannten Millefiori- oder Tausendblumengläser dienen.

Werden z. B. in die Masse eines Glasgefässes, etwa eines Flakons, ringsum solche Elementabschnitte eingedrückt, so ist die Oberfläche nach dem Schliff mit den regelmässigsten Sternen u. s. w. besät. Man hat Millefioristäbe, deren Querschnitt jedesmal ein Familienwappen darstellt, woraus man Hemden-, Westenknöpfe und ähnliche Dinge verfertigt, aber auch Tiere, Blumenbouketts, bildliche Darstellungen verschiedener Art sind auf diese Weise von geschickten Künstlern erzeugt worden, und selbst antike Arbeiten dieser Art sind in zahlreichen Exemplaren uns erhalten.

Soll ein hohler Gegenstand angefertigt werden, so legt man die Abschnitte der Millefioristäbe in erforderlicher Anzahl entweder bunt oder nach einem bestimmten Muster nebeneinander auf eine Thonplatte und wärmt sie an. Währenddem hat ein anderer Arbeiter mit der Pfeife ein Kölbchen geblasen, welches über die Scheibchen hingewalzt wird, so dass diese daran hängen bleiben; nachdem das Ganze noch einmal mit Kristall überfangen ist, wird der Gegenstand fertig gemacht.

Um einen Briefbeschwerer anzufertigen, ordnet man die Abschnitte in einer eisernen Schale an, in der sie sich nicht verrücken können,

und wärmt sie an. Nun nimmt man aus dem Hafen mit dem Pontil Kristallmasse auf, heftet die Scheiben an, überfängt diese mit Kristall, und gibt dem Ganzen ehe man den Pontil absprengt, im Wallholze eine halbkugelförmige Gestalt; seine höchste Vollendung erhält der soweit fertige Briefbeschwerer durch den Schliff.

Eine andere Art von Verzierungen, besonders an geschliffenen Kristallglaswaren, die an einer Fassette oder sonst passenden Stelle mitten in der Glasmasse angebracht sind, einen Kopf oder sonst eine Figur *en relief* darstellen und das Ansehen von mattem Golde oder mattem Silber haben, nennt man Inkrustationen. Die Kunst, sie herzustellen, ist von einem böhmischen Glasmacher erfunden worden, als dieser zufällig einen ähnlichen Silberglanz auf dem filzigen Blatte eines Gewächses beobachtete, auf dem ein Wassertropfen stand.

Zu den Figuren eignet sich am besten weisser Pfeifenthon, weniger gut Porzellan *en biscuit*; denn wenn dieses gehörig gar gebrannt ist, so schmilzt das Glas leicht an und dann geht der Effekt verloren, der gerade darauf beruht, dass zwischen dem Gegenstande und dem ihn überdeckenden Glase sich eine Luftschicht befindet.

Das Formen der Figuren bietet keine Schwierigkeiten. Man verschafft sich recht sauber und scharf gearbeitete Originale und verfertigt über diese aus Bossierthon hohle Formen, die schwach gebrannt werden. Wenn man diese Formen, noch heiss, sehr schwach mit Oel tränkt, so lässt sich der weisse, gut durchgeknetete Thon leicht eindrücken und geht, sobald er halb trocken ist und sich etwas zusammengezogen hat, von selbst wieder heraus. Zu kleinen Gegenständen kann man sich auch von Siegellack gebildeter Formen bedienen. Das Brennen der Figuren geschieht nur um alles Wasser zu entfernen und sie etwas widerstandsfähiger zu machen.

Die Herstellung der Inkrustationen erfordert nicht sowohl manuelle Geschicklichkeit als vielmehr grosse Aufmerksamkeit auf die Beschaffenheit des zu inkrustierenden Gegenstandes und der zu inkrustierenden Glasmasse. Letztere muss ein leichtflüssiges, stark lichtbrechendes, also Bleiglas oder noch besser Thalliumglas sein; es darf aber nicht zu dünnflüssig aufgetragen werden, weil es sonst in die Poren des Thones eindringt oder diesem aufschmilzt. Ganz reines, helles oder rötliches Kristallglas ist nicht so gut als solches mit einem grauen Stich, unter welchem sich die Figuren am besten ausnehmen und mattes Silber täuschend nachahmen. Damit die zur Hervorbringung der eigentümlichen Wirkung erforderliche Lichtbrechung stattfinden kann, darf die Glasschicht weder zu dick noch zu dünn sein.

Die Arbeit des Einschliessens in das erweichte und glühende Glas bietet keine besonderen Schwierigkeiten. Der fertige Gegenstand wird auf einer Thonplatte nur soweit vorgewärmt, dass er, mit dem heissen Glase in Berührung gebracht, nicht zerspringt. So vorbereitet, kann er auf verschiedene Weise mit dem Glase umhüllt werden. Entweder drückt man ihn in eine zu einer Platte geformte oder auch in eine beliebige Form gegossene Glasmasse, breitet eine zweite Schicht Glas darüber aus, vereinigt sie durch Aufdrücken mit der unteren Schicht und gibt endlich dem Ganzen die gewünschte Form; oder man bläst einen Cylinder, öffnet ihn, plattet ihn, der Form des Reliefs

entsprechend, ab, schiebt das letztere hinein, kneift die Ränder zusammen und drückt ihn schliesslich unter Absaugen der Luft durch die Pfeife zusammen, bis Ober- und Unterteil vereinigt sind.

Solche Stücke können, wie andere Glaswaren, geschnitten, geschliffen und vergoldet werden. Beim Schnitt hat man darauf zu achten, dass die Fläche, durch die die Figur gesehen wird, ganz eben, weder konvex noch konkav oder eine andere krumme Linie geschliffen werde, weil sonst, infolge der verschiedenen Brechung der Lichtstrahlen, alle Umrisse mehr oder weniger verzerrt erscheinen würden.

Nach dem von St. Amand angegebenen Verfahren bedient man sich zur Anfertigung dieser Fabrikate kupferner Formen, deren Grösse und Tiefe von den Dimensionen des zu inkrustierenden Stückes abhängt. Der Arbeiter bringt mittels der Pfeife flüssige Glasmasse in die kupferne Form, ein anderer ebnet mit einer glatten kupfernen Kelle die Oberfläche und versenkt die Figur, deren erhabene Seite nach unten, in das flüssige Glas; ein dritter Arbeiter giesst neue Glasmasse auf die Rückseite des Gegenstandes, worauf der zweite Arbeiter, indem er das Stück mit der Kelle etwas in die Form eindrückt, die Operation vollendet und dann die fertigen Gegenstände in den Kühlofen bringt.

Um Flaschen, Trinkgläser und ähnliche Gegenstände mit Kameen zu verzieren, legt man letztere auf das geformte Stück, bedeckt sie mit flüssiger Glasmasse, drückt diese mit der Zange an und entfernt dadurch zugleich die dazwischen befindliche Luft. Viereckige Flaschen, Theebüchsen und dergleichen werden vorerst um 2 bis 3 mm kleiner gelassen als die Form ist, in welcher sie später aufgeblasen werden sollen; dann legt man die Figur auf, bedeckt sie mit Glasmasse, erhitzt das Ganze stark, bringt es schnell in die Form und dehnt es durch kräftiges Blasen zur verlangten Gestalt und Grösse aus.

Wenn man Figuren von bedeutendem Umfange auf Vasen und derartigen grösseren Stücken anbringen will, so dürfen diese Figuren nicht, wie gewöhnlich, flach und eben sein, sondern sie müssen eine der Form des Gefässes entsprechende Krümmung haben.

Bei allen diesen Arbeiten ist es erforderlich, dass das Glas auf der Vorderseite von derselben Beschaffenheit sei, wie das als Unterlage dienende; ebenso müssen auch die Figuren, bevor man sie einschliesst, aus naheliegenden Gründen aufs sorgfältigste von allem Staube und Schmutze gereinigt sein.

Von marmoriertem Glas, welches zuweilen vorkommt, unterscheidet man zwei Arten, je nachdem es sich um die Herstellung eines beliebigen Marmors (Phantasieglas) oder um die Imitation eines in der Natur vorkommenden, mit Adern durchzogenen Marmors handelt.

Behufs Erzeugung des Phantasieglases bringt man ein Gemenge verschieden gefärbter und verschieden gestalteter Glasscherben auf die Marbelplatte, giesst mittels der Pfeife eine verhältnismässige Menge flüssigen Glases darüber und rollt es nach allen Richtungen auf den Glasscherben, so dass von diesen eine Schicht an der weichen Glasmasse hängen bleibt. Nun nimmt man das Ganze wieder an die Pfeife und hält es solange in die Arbeitsöffnung, bis die verschieden gefärbten Gläser geschmolzen sind. Nachdem dies geschehen, breitet

man auf dem Marbel wiederum eine Schicht Glasbrocken aus und verfährt wie das erste Mal. Auf diese Weise kann man Stäbe oder Cylinder von beliebigem Durchmesser darstellen, die man dann, um sie zu glätten, durch Eintauchen in den Hafen mit einer dünnen Schicht farblosen Glases überzieht.

Zur Nachahmung von natürlichem Marmor nimmt man von diesem ein etwa 0,2 qm grosses Stück, wählt nach den Farben der Adern desselben die Glasscherben und belegt jene mit diesen. Um die einzelnen Stücke miteinander zu verbinden, befestigt man sie an eine mit der Pfeife aus dem Hafen genommene hinreichend grosse Glasmasse und verfährt alsdann wie beim Phantasieglase. Da jedoch der natürliche Marmor eine bestimmte Grundfarbe hat, so muss man als Grundmasse ein ähnlich gefärbtes Glas anwenden.

Eisglas. Mit diesem Namen hat man ein Glasprodukt belegt, welches ein, einem innerlich zerklüfteten Eise ähnliches Aussehen hat. Die Sprünge werden durch Eintauchen der glühenden Glasmasse in Wasser hervorgebracht, durch Anwärmen in der Arbeitsöffnung unschädlich gemacht und durch Aufblasen oberflächlich noch weiter geöffnet, so dass das Ganze das Ansehen einer zerklüfteten und verwitterten Eismasse bekommt. Zuweilen werden zwischen den Klüften hervortretende Erhöhungen noch etwas rauh geschliffen.

Abweichend hiervon ist ein neues von Fowcheux d'Humy angegebenes Verfahren, welches vollkommenere Produkte liefert und dem Arbeiter nicht wie das vorige durch etwa umhergeschleuderte Splitter gefährlich werden kann. Zunächst wird ein dünnwandiger Hohlkörper geblasen, wenig kleiner als der verlangte; derselbe wird rasch gekühlt und in eine nasse Form eingelegt. Alsdann wird als Grundlage für das fertige Objekt ein stärkeres Kölbchen gebildet, stark erhitzt in jenen Körper eingeführt und bis zur Berührung mit dessen Wandungen aufgeblasen. Hierbei springt der äussere Körper in unzählige, an der Aussenfläche des inneren haftenbleibende Splitter, das Ganze wird angewärmt und fertig gearbeitet.

Nach Bay endlich erzeugt man das Eisglas, indem man die fertigen Gegenstände mit grobgepulvertem, leicht schmelzbarem Glase bestreut und letzteres in der Muffel aufschmilzt. Kühlt man nun den Gegenstand schnell ab, so trennt sich die Schmelzmasse von der Unterlage, diese, weil sie von ihr angegriffen wurde, mit zahlreichen unregelmässigen Vertiefungen und Höckern versehen zurücklassend.

Zwölftes Kapitel.

Die Tafelglasfabrikation.

Dieselbe begreift sowohl die Darstellung von Fenster- wie von Spiegelglas in sich und verwendet, wie aus den früher mitgeteilten Sätzen ersichtlich, vornehmlich Natronkalkgläser, seltener Kalikalkglas, während bleihaltige Gläser so gut wie ganz ausgeschlossen sind. Die beiden genannten Zweige der Tafelglasfabrikation, die Fensterglas- und Spiegelglasfabrikation finden sich in den seltensten Fällen lokal vereinigt; es werden dieselben vielmehr fast immer auf verschiedenen Hütten betrieben.

I. Die Fensterglasfabrikation.

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, so war den Alten das Tafelglas so gut wie unbekannt, und erst gegen das Ende des dritten Jahrhunderts wird des Fensterglases mit Bestimmtheit Erwähnung gethan. Indessen bleibt die Fabrikation während des ganzen Mittelalters wenig entwickelt und liefert nur unregelmässige Stücke von geringer Flächenausdehnung und unregelmässiger Stärke, obschon die Herstellungsweise selbst durch Blasen und Strecken in ihrem Grundprinzip von der noch heute üblichen kaum verschieden ist.

In den Aufzeichnungen des Theophilus Presbyter*), welche dem 11. Jahrhundert angehören, finden wir nachstehende Vorschrift für die Darstellung der Glastafeln.

„Wenn das Glas geschmolzen ist, nimm ein eisernes Rohr, Pfeife genannt, und wenn Du Glastafeln machen willst, bringe das Ende desselben in einen der Häfen auf die Oberfläche des Glases, drehe auf

---

*) Theophilus, Diversarum artium schedula. II. 6. 9.

dieser die Pfeife in Deiner Hand, bis eine genügende Menge Glas aufgewickelt ist, dann ziehe sie aus der Oeffnung, bringe das andere Ende an Deinen Mund, blase ein wenig hinein und entferne von Zeit zu Zeit die Pfeife aus Deinem Munde, damit Du die heisse Luft nicht einziehst, wenn Du Atem holst. Auch sollst Du zwischen Dir und der Oeffnung eine wagerechte Steinplatte haben, auf welche Du das geblasene Glas wiederholt aufstösst, während Du die Pfeife senkrecht hältst, um dem Glase eine regelmässige Gestalt zu geben, dann fahre schnell fort kurz hintereinander zu blasen. Wenn das Glas die Form einer länglichen Blase zeigt, bringe das Ende derselben in die Flamme der Arbeitsöffnung; das Glas erweicht, die Blase öffnet sich und mit einem hierzu vorgerichteten Holze erweitere nun das Loch, bis es den Durchmesser der Blase selbst hat. Dann drücke die Oeffnung an zwei gegenüberliegenden Stellen ihres Randes zusammen, so dass jederseits eine Oeffnung verbleibt. Sodann bringe dicht an der Pfeife ein feuchtes Holz an das Glas, gebe jener einen leichten Schlag und das Glas wird sich von der Pfeife trennen. Sodann erhitze abermals das Ende der Pfeife, an welchem noch Glas sich befindet, und, wenn dieses weich geworden, nähere jenes dem eingedrückten Rande der Blase und die letztere wird sich an die Pfeife heften. Nun erhebe die Pfeife mit der Blase, bringe das Ende der letzteren, welches ursprünglich an der Pfeife sass, in die Arbeitsöffnung und wenn dasselbe erweicht ist, erweitere seine Oeffnung mit dem Holze, drücke auch hier die Ränder zusammen, wie am andern Ende, sprenge die Blase mit einem feuchten Holze von der Pfeife und lasse Deinen Jungen einen Holzstab in die Oeffnung der Blase stecken und diese dann in den mässig heissen Kühlofen tragen. Diese Arbeit setze fort bis Du Deine Häfen geleert hast."

In derselben Weise beschreibt Theophilus auch das Strecken und das Kühlen der Platten; obschon er aber bemerkt, dass diese Art Glas rein und weiss sei, so wissen wir doch, dass das Produkt noch während des ganzen Mittelalters ein sehr unvollkommenes gewesen. Die Masse war selten rein, in der Regel mit Gispen und Körnern durchsetzt und die Oberfläche wellig und gerieft. Später kamen die sogenannten Butzenscheibchen auf, kreisrunde starke Glasstücke, einerseits mit einer zentralen Vertiefung, anderseits mit einem entsprechenden Buckel, der Narbe, mit welcher sie an der Pfeife gehaftet, versehen, welche entweder mit passenden Zwickeln zu ganzen Fensterflächen verbunden, oder einzeln in dieselben eingebleit wurden. Mochte nun auch die Fabrikation des geblasenen Tafelglases mit der Zeit sehr vervollkommnet sein und sich mehr und mehr der heute üblichen genähert haben, so war doch die Qualität des Glases namentlich wegen der mangelhaften Streckvorrichtungen der Art, dass die, anfänglich vielleicht aus dem Bestreben immer grössere Butzenscheiben anzufertigen, allmählich sich entwickelnde Mondglasfabrikation jener bedeutende Konkurrenz machte. Durch die stetig fortschreitende Verbesserung des Streckverfahrens aber gewann auch die Qualität des geblasenen Tafelglases mit der Zeit so sehr, dass das Mondglas wieder mehr und mehr verdrängt wurde und seine Fabrikation jetzt auf wenige vereinzelte Hütten Englands beschränkt ist. Dahingegen ist die besondere Liebhaberei unserer Tage, in der Einrichtung der Wohnräume die Zeiten der Renaissance wieder aufleben

zu lassen, Veranlassung zur umfangreichen Fabrikation jener Butzenscheibchen geworden.

Es gibt zwei Methoden Tafelglas zu fabrizieren: *a)* die Cylinder- oder Walzenglasfabrikation und *b)* die Mondglasfabrikation; letztere ist nur noch in wenig Ländern, so namentlich in England in Gebrauch, allein auch hier jetzt grösstenteils verlassen worden.

a) Die Cylinderfabrikation.

Je nach dem Grade der Reinheit und Güte der auf seine Darstellung verwendeten Materialien unterscheidet man grünes, halbweisses und ganz weisses Fensterglas. Die Art, wie das Scheibenglas geblasen wird, ist zwar im allgemeinen überall dieselbe, weicht jedoch in einzelnen Manipulationen hier und da zuweilen etwas ab, und man unterscheidet hiernach die deutsche oder böhmische, die gemischte deutsch-französische und die belgische Methode.

1) Die deutsche Methode unterscheidet sich von den beiden andern später zu beschreibenden Methoden hauptsächlich dadurch, dass man dem Cylinder einen so grossen Durchmesser gibt, dass sein Umfang die Länge der zu erzielenden Tafel bildet, sowie, dass der Bläser, so oft er in seine Pfeife bläst, den Cylinder über seinem Kopfe schwenkt, um eine gleichmässige Verteilung des Glases zu bewirken.

Vor jeder Arbeitsöffnung befindet sich ein aus zwei Brettern bestehendes von einigen Stützen getragenes Gerüst, auf welchem ein mit einer eisernen Platte versehener Werktisch, der Marbel, steht, **Fig. 264, Taf. XXIII.** Neben diesem Tische steht ein Block von Eichenholz, in welchem mehrere halbbirnförmige Vertiefungen ausgehöhlt sind, das sogenannte Wallholz, **Fig. 265, Taf. XXIII,** und zur Rechten des Bläsers ein Trog mit Wasser und eine eiserne Gabel, **Fig. 266, Taf. XXIII.** Unter dem Gerüste, auf welchem die Arbeiter stehen, ist in der Hüttensohle eine Versenkung, die Tafelschwenkgrube, angebracht, die so tief ist, dass der Bläser ohne anzustossen, die Pfeife mit der daran befindlichen Glasmasse pendelartig hin und her bewegen kann. Aus **Fig. 267, Taf. XXIII,** die wir Muspratts Sammelwerke entnehmen, ist die Einrichtung der Schwenkgrube ersichtlich.

Die Arbeit des Formens besteht aus folgenden Hauptoperationen:

1) das Blasen der Haube,
2) das Blasen des Cylinders und
3) das Oeffnen des Cylinders.

Nachdem das Glas zur Verarbeitung vollkommen vorbereitet ist, erwärmt der Bläser den Kopf seiner Pfeife (doch nicht zu stark, damit sich kein Eisenoxyd bilden kann, welches, wenn es sich abblättert, beim Blasen in den Cylinder geführt werden würde) und nimmt damit etwas Glas auf. Hierbei muss er sich hüten die Pfeife zu tief in das flüssige Glas zu senken, vielmehr darf er dieselbe nur mit dessen Oberfläche in Berührung bringen und dasselbe gewissermassen um den Kopf wickeln, damit nicht etwa Blasen im Glase entstehen. Dann legt er die Pfeife auf die Gabel, dreht sie beständig um ihre Achse bis das

Glas steht, d. h. so dickflüssig geworden ist, dass es nicht mehr von der Pfeife abfliesst. Währenddem bläst er etwas in diese, damit das Ende derselben durch die hier entstehende kleine Höhlung von Glas frei wird; dies wiederholt sich bei jedesmaligem Aufnehmen von Glas, was noch zwei bis dreimal, bei dickeren und grösseren Cylindern noch mehrere Male wiederholt wird, bis man die nötige Menge von Glas an die Pfeife gebracht hat. Bei dem Aufnehmen des Glases wird der Glaskörper durch Anhalten des Platteisens, eines spatelartigen mit Stiel versehenen eisernen Werkzeugs, abgerundet und, durch fortwährendes Drehen der Pfeife um ihre Achse, die Glasmasse um den Kopf der Pfeife gleichmässig verteilt. Nach dem letzten Aufnehmen legt der Arbeiter die Pfeife auf die Gabel, dreht sie mit der linken Hand, schiebt mit der rechten mittels des Platteisens das am Kopfe zuviel angehäufte Glas nach vorn gegen die übrige Glasmasse — eine Operation, die das Schränken genannt wird — wodurch auch dicht vor dem Pfeifenkopfe eine kleine ringförmige Vertiefung, die Schränkung entsteht, in welcher später die Walze von der Pfeife abgeschlagen wird. Der Glaskörper hat nun die Gestalt **Fig. 268, Taf. XXIII,** ist massiv und hat nur an der Mündung der Pfeife eine kleine Höhlung.

Es kommt nun darauf an diese Höhlung soviel zu erweitern, dass der an der Pfeife sitzende Teil des Glases, der Posten, die Gestalt eines Flaschenhalses annimmt. Zu dem Ende wird das geschränkte Glas in die mit Wasser gefüllte Vertiefung des Wallholzes gebracht und in derselben fortwährend umgedreht, wobei der Arbeiter stark in die Pfeife bläst, oder die Masse durchbricht, und zugleich der untere Teil abgerundet und abgekühlt wird. Die so in dem der Pfeife zunächst befindlichen Teile der Glasmasse entstandene Höhlung wird nur soweit aufgeblasen, als der Cylinder selbst weit werden soll. Indem nun der Bläser die Pfeife in die Höhe hält und die Kugel weiter aufbläst, plattet sich deren obere Wölbung durch ihr eigenes Gewicht, wie **Fig. 269, Taf. XXIII,** ab; durch rasches Senken der Pfeife nimmt der Gegenstand nun die Gestalt von **Fig. 270, Taf. XXIII,** an. Sobald das so geblasene Glas, dessen Wandungen schon ziemlich dünn sind, während die Glasmasse hauptsächlich in der Mitte des Bodens konzentriert ist, erstarrt, bringt es der Bläser mit der Pfeife in die Arbeitsöffnung, legt diese in einen an der Schirmwand befestigten Haken und dreht sie fortwährend um ihre Achse, damit das Glas nicht Zeit hat nach der einen oder andern Seite zu sinken; indem man so nur den vordern Teil der Glasmasse erhitzt, behält der dem Feuer nicht ausgesetzte Hals die nötige Steifheit, um jene tragen zu können. Ist der betreffende Teil gehörig angewärmt, so hebt der Arbeiter die Pfeife aus ihrem Lager, bringt sie schnell in senkrechter Lage in die Schwenkgrube, schwenkt und bläst und vergrössert hierdurch die Höhlung ihrer Länge nach. Die dickeren Stellen des Bodens geben allmählich von ihrer Masse an die Seitenwände ab, werden dünner, bis sie endlich mit der Wand dieselbe Stärke erhalten und das Ganze sich wie **Fig. 271, Taf. XXIII,** darstellt.

Bei grössern Walzen zu dickerem Tafelglase wird die Ausbildung des flaschenartigen Halses schon während des Aufnehmens begonnen, damit sich die hierzu nötige grössere Menge Glas nicht zu sehr an dem

Kopfe der Pfeife anhäufe, wodurch offenbar die Schränkung, wo nicht unmöglich, so doch sehr erschwert werden würde. Man nimmt daher zuerst etwas Glas mit der Pfeife auf, rundet es mit dem Platteisen ab, nimmt zum zweiten Male auf, rundet abermals ab und bringt es nun sogleich in die erste und kleinste Höhlung des mit Wasser gefüllten Wallholzes. Nun nimmt man zum dritten Male das Glas auf, rundet es auf der Gabel ab, schränkt es, was auch nach dem zweiten Aufnehmen geschehen kann, damit sich der Hals zu bilden anfange, bringt es in die nächst grössere Vertiefung, formt es darin, durchbricht die Masse, wobei der untere Teil durch Zugiessen von Wasser kühl erhalten wird und fährt, unter beständigem Umdrehen der Pfeife, mit Blasen fort, bis die Höhlung etwa 8 bis 10 cm Durchmesser hat. Nun wird von neuem Glas aufgenommen, abgerundet und geschränkt, in die grösste Vertiefung des Wallholzes gelegt, umgedreht und geblasen bis der Hals die nötige Stärke im Glas erhalten hat. Damit der soweit aufgetriebene Hals kürzer werde und die vordere Glasmasse sicherer zu tragen vermöge, wird er gestaucht, d. h. das Glas, besonders der Hals wieder angewärmt, die Pfeife, das Stück nach oben gerichtet, schnell in eine senkrechte Lage gebracht und mässig in das Rohr geblasen. Hierdurch wird das Glas zwar ausgedehnt, allein das Gewicht desselben drückt den Hals nieder und bringt die Glasmasse dem Kopf der Pfeife möglichst nahe. Durch nochmaliges Anwärmen, Umdrehen in dem grossen Loche des Wallholzes und Blasen erhält auch der Hals die Weite des Cylinders und die Arbeit ist soweit fertig, wie **Fig. 268, Taf. XXIII,** zeigt; die weiteren Manipulationen bis zur Bildung der Walze mit dem halbkugelförmigen Boden bleiben dieselben.

Das Oeffnen des Cylinders geschieht überall auf dieselbe Weise, nur macht es einen Unterschied, ob man es mit dickem oder dünnem Glase zu thun hat. Dünnglasige Cylinder werden dadurch geöffnet, dass der Arbeiter möglichst viel Luft in dieselben einbläst, dann schnell die Mündung der Pfeife mit dem Daumen verschliesst und hierauf das geschlossene Ende des Cylinders stark erhitzt; infolge der an dieser Stelle eintretenden Erweichung des Glases wird der Cylinder durch die Ausdehnung der Luft aufgetrieben, bis er endlich zerplatzt, **Fig. 272, Taf. XXIII.** Durch schnelles Umdrehen der Pfeife auf ihrem Lager erweitert sich die entstandene Oeffnung bis zum Durchmesser des Cylinders selbst.

Bei grossen Walzen oder Cylindern von 30 bis 40 cm Durchmesser würde die Mitte der Halbkugel nicht genug Glas haben, um sie bei der nötigen Dicke bis zur Weite des Cylinders auszudehnen. In diesem Falle wird vor dem Oeffnen desselben auf die Mitte seiner Wölbung eine Portion flüssiges Glas angesetzt, dieses mit einem Eisen etwas ausgebreitet und hierauf der Cylinder in der gewöhnlichen Weise geöffnet. Der Arbeiter zieht nun die Pfeife aus dem Ofen, bringt sie senkrecht und schwenkt sie behutsam. Hierdurch zieht sich das im Rande der Oeffnung zuweilen zu dicke Glas in die Länge und nimmt allmählich die Dicke der übrigen Cylinderwand an. Ist das Glas, beim Ansetzen einer neuen Portion desselben, am untern Rande nicht so gleichmässig verteilt worden, um die Oeffnung ganz rund und den Rand gleich zu machen, so schneidet der Arbeiter die Unebenheiten mit der

Schere hinweg, biegt mit ihr, um die Oeffnung zu erweitern, den Rand um, bringt die Pfeife wieder vor die Arbeitsöffnung und weitet hier den Cylinder in der schon beschriebenen Weise zur beabsichtigten Dimension aus, **Fig. 273, Taf. XXIII.**

Ist der Cylinder fertig, so sprengt man ihn auf die gewöhnliche Weise von der Pfeife ab, legt ihn auf die Walzengabel oder steckt vor dem Absprengen einen hölzernen Stab in denselben, um ihn damit forttragen zu können; schwere Walzen bringt man, noch an der Pfeife befestigt, auf das Schaff, **Fig. 274, Taf. XXIII,** und sprengt sie erst hier ab. Das Schaff ist ein Holzgerüst, dessen Einrichtung und Bestimmung zur Genüge aus der Zeichnung ersichtlich.

Walzen von dickerem Glase werden zur Abkühlung in Kühlhäfen (von derselben Form wie die Schmelzhäfen, nur möglichst dünn und leicht und vorher gebrannt) gelegt, die in den Kühlofen, mit der Mündung gegen das Mundloch des Ofens gekehrt, eingesetzt werden, oder aber, sie werden auf einem eisernen Schaff, welches im Ofen aufgestellt ist, gelagert, nochmals bis zur dunkeln Rotglut erhitzt und dann zum Abkühlen an einem vor Zugluft wohl geschützten Orte aufgestellt.

Vor der weiteren Verarbeitung wird jeder Cylinder sorgfältig untersucht, ob nicht Fehler im Glase sich befinden, in welchem Falle die betreffenden Stellen mit einem Kreidestrich oder durch Einschlagen eines Lochs mit einem spitzen Hammer bezeichnet werden. Ist nur ein Fehler oder befinden sich dieselben, wenn mehrere vorhanden sind, in der Längsrichtung, so wird beim Aufsprengen diese Stelle für den Sprung gewählt und der Fehler dadurch unschädlich gemacht; für gröbere Fehler wird der Arbeiter durch Lohnabzug gestraft.

Bevor die fertige Walze zum Strecken gebracht wird, muss der obere halsförmige Teil derselben, die Kappe oder Haube genannt, abgenommen und die Walze der Länge nach aufgesprengt werden. Dies geschieht auf die Weise, dass ein Gehilfe das zuvor glühend gemachte Absprengeisen, **Fig. 275, Taf. XXIII,** ein viereckiges an der vordern Hälfte nach einem Kreisabschnitt über eine Kante gebogenes starkes Eisen, welches auf einer Platte liegt, festhält, während der Tafelmacher die Stelle der Walze, wo die Haube anfängt, in die kreisförmige Biegung des mit der einen Kante das Glas berührenden Eisens legt. Indem er sie hier in derselben Vertikalebene um ihre Achse dreht, wird die betreffende Stelle stark erhitzt; lässt man nun einen Tropfen kaltes Wasser darauf fallen, so springt die Haube ohne weiteres Zuthun von selbst ab. Bei dünneren Walzen kann man auch um den Cylinder an der Stelle, wo die Haube abgesprengt werden soll, einen Glasfaden legen; wird nun derselbe mit dem nassen Finger berührt, so erfolgt gleichfalls die Trennung der Haube von dem Cylinder.

Das Aufsprengen der Cylinder geschieht mit dem Aufsprengeisen, einem etwa in der Mitte seiner Länge etwas gekröpften Vierkanteisen, **Fig. 276, Taf. XXIII,** mit welchem, nachdem es hellglühend gemacht worden ist, der Arbeiter im Innern des Cylinders parallel mit seiner Achse von einem Ende zum andern hinfährt, und durch Befeuchten der heissgemachten Linie mit etwas kaltem Wasser das Aufspringen des Cylinders bewirkt, **Fig. 277, Taf. XXIII.**

Das nun erfolgende Strecken der aufgesprengten Cylinder geschieht in den später zu beschreibenden Strecköfen, in welchen dieselben allmählich erwärmt werden, damit sie durch zu plötzliche Erhitzung nicht springen. Dann werden sie auf dem sogenannten Strecksteine, nachdem sie hier bis zu einem gewissen Grade erweicht sind, ausgebreitet und mit dem Glätteisen vollständig ausgeglättet. Nach dieser Operation gelangt die Tafel endlich in den Kühlraum, wo sie bald soweit erhärtet, dass sie aufgehoben und senkrecht gestellt werden kann um schliesslich gänzlich zu erkalten.

Auf die Operationen des Streckens und Kühlens werden wir weiter unten, bei eingehender Besprechung der betreffenden Oefen ausführlicher zurückkommen, und wenden wir uns daher zunächst einer Beschreibung der übrigen Methoden der Walzenerzeugung zu.

Die deutsch-französische Methode hat die Art, den Cylinder zu öffnen, dem böhmischen Verfahren entnommen. Anstatt aber die Walze vor die Arbeitsöffnung zu nehmen, legt der Bläser seine Pfeife, wenigstens wenn das Glas sehr stark ist, horizontal in die Walzengabel und während er sie langsam umdreht, bringt der Gehilfe auf die Mitte der Haube etwas flüssiges Glas, durchsticht den hierdurch erweichten Boden mit einer Schere und schneidet mit dieser eine runde Oeffnung aus; nachdem dies geschehen, nimmt der Bläser den geöffneten Cylinder vor die Arbeitsöffnung, um die Ränder zu bilden und zu verschmelzen.

Ausserdem aber unterscheidet sich das deutsch-französische Verfahren von dem böhmischen noch dadurch, dass die Länge der zu erblasenden Tafel durch die Länge der Walze repräsentiert wird. Da hierdurch längere Walzen bedingt und diese durch pendelndes Schwenken der Pfeife über der Schwenkgrube erzielt werden, so sind selbstverständlich Schwenkgruben von grösserer Tiefe erforderlich. Man erhält auf diese Weise nicht nur längere Tafeln, als bei der böhmischen Methode, welche, sollen die Tafeln nur 1 m lang werden, schon mindestens 40 cm weite Arbeitsöffnungen zum Anwärmen der Walzen erfordert; es wird auch dem Bläser die Arbeit nicht unwesentlich erleichtert, indem die Verlängerung der schwingenden Walze hauptsächlich durch die Zentrifugalkraft bewirkt wird, während der böhmische Bläser die kurze und weite Walze lediglich mit der Kraft seiner Lungen auftreiben muss.

Ferner führte man, um die Arbeit expeditiver zu machen und an Löhnen zu sparen sehr bald eine Arbeitsteilung in der Weise ein, dass ein Gehilfe, der Anfänger, das Glas aufnimmt und den Posten vollendet, während der Bläser oder Fertigmacher seinen Cylinder vor der Arbeitsöffnung verlängert, öffnet und fertig macht, ihn auf das Schaff legt und von der Pfeife absprengt. Sobald der Bläser den Posten in Empfang genommen hat, um daraus eine Walze zu formen, ergreift der Gehilfe eine angewärmte Pfeife, und fängt ohne sich um den Bläser zu kümmern, indem er auf verschiedene Male aus der Mitte des auf dem Glase schwimmenden Ringes Glas aufnimmt, die Anfertigung eines neuen Postens an.

Nun aber waren Anfänger und Fertigmacher sich vielfach im Wege und man ging daher bald dazu über, beider Arbeiten auch lokal von-

einander zu trennen, indem man den Gehilfen vor der Arbeitsöffnung seinen Posten bilden, den Bläser aber an einem Nebenofen die Walze fertig machen liess und erreichte dadurch gleichzeitig noch den wesentlichen Vorteil, dass man einerseits die Arbeitsöffnungen wieder auf ein normales Mass reduzieren konnte, anderseits aber den stets sich steigernden Ansprüchen an die Grösse der Tafeln zu genügen vermochte. Diese Nebenöfen, Trommeln oder Trommelöfen genannt, welche ursprünglich eigentlich für die weiten Walzen der böhmischen Arbeit aufkamen, bilden, wie schon der Name sagt, einen mit Feuerung versehenen trommelartigen Raum, in dessen Umfassungswand eine entsprechende Anzahl in ihrem Durchmesser nach der Weite der zu fertigenden Walzen sich richtende Arbeitslöcher angebracht sind, vor denen sich dann selbstverständlich auch die Arbeitsbühnen und Schwenkgruben befinden.

Bei den heissgehenden Gasöfen erfordert die Trommel in der Regel keine separate Heizung und kann direkt als Nebenofen an den Hauptofen angebaut sein, wenn der Platz es erlaubt, von jenem dann die Abhitze empfangend; immerhin empfiehlt es sich aber auch in diesem Falle Fürsorge zu treffen, dass die Trommel auch direkt mit Luft und Gas gespeist werden kann. Selbstverständlich werden aber grössere Trommelöfen auch ganz unabhängig vom Schmelzofen mit Gasfeuerung und zwar ebensowohl als Regenerativ- wie auch als Rekuperativöfen ausgeführt.

Die Einführung der Trommel gewährt ausser den bereits erwähnten auch noch einige andere Vorteile. Die Glasmacher sind an den kleineren Arbeitslöchern bei weitem nicht so der strahlenden Hitze ausgesetzt und die Abkühlung der Häfen ist gleichzeitig eine viel geringere. Wo man ohne Trommel arbeitet, wird nach kurzer Zeit das Glas an der Oberfläche der Häfen steifer und verliert gleichzeitig durch die beim Aufnehmen der Posten in vielfachen Windungen in den Hafen zurückfallenden halb erkalteten Glasfäden seine Homogenität, so dass die Arbeit mehrmals unterbrochen, der Hafen abgeschäumt und bei geschlossenen Arbeitslöchern wieder erwärmt, häufig auch der ganze Ofen aufs neue geschürt werden muss. Aus diesem Grunde ging man in England, wie Bontemps erzählt, zuerst auf den Chanceschen Werken bei Birmingham dazu über, unter Beibehaltung der Trommel auf jeder Seite des Ofens nur aus einem Hafen Glas aufzunehmen, die übrigen aber bei verstrichenen Arbeitslöchern gehörig heiss zu schüren. Von Zeit zu Zeit wird dann der Arbeitshafen gewechselt, ein neuer in Betrieb genommen, der andere behufs seiner Wiedererhitzung hinter geschlossenem Arbeitsloche der Vollwirkung der Hitze überlassen. Ein solches Verfahren konnte allerdings nur bei den kolossalen Dimensionen der englischen Häfen, welche bis zu 2500 kg Glas zu fassen vermögen, durchgeführt werden, fand aber in England immer mehr Verbreitung, so dass es als das spezifisch englische Verfahren bezeichnet werden kann, während man gleichzeitig, je nachdem das oben erwähnte Arbeitsteilungsprinzip durchgeführt war oder nicht, wohl noch die belgische Methode von der deutsch-französischen unterscheidet.

Ist auch, bei annähernd gleich grossen Walzen natürlich, die Arbeit nach dem deutsch-französischen Verfahren, wie bereits bemerkt, mit Rücksicht auf die geringere Anstrengung der Lungen eine leichtere als

bei der böhmischen Methode, so wird dieselbe doch auch bei jenem durch die immer mehr gesteigerten Dimensionen der Walzen eine äusserst schwierige und sie erfordert daher besonders kräftige und dabei geschickte Arbeiter, weil andernfalls die Walzen sich verziehen und weder im Durchmesser noch in der Wandstärke gleichmässig ausfallen würden. Wie sehr aber durch die Ausbildung der Operationen die Leistungsfähigkeit des einzelnen Arbeiters gestiegen, erhellt am besten aus der Thatsache, dass man dieselbe zu Ende des vorigen Jahrhunderts nach der böhmischen Methode zu etwa 25 qm pro Schicht angegeben findet, während sie heute bei der deutsch-französischen wohl über das Doppelte hinausgeht und bei der englischen fast das Dreifache erreicht, wo nicht übersteigt.

Wenden wir uns nun der Operation des Streckens zu, so begegnen wir auch hier zahlreichen Bemühungen, durch fortwährende Verbesserungen die Qualität des Produkts zu vervollkommnen.

Die älteren böhmischen Strecköfen, wie sie noch zu Anfang dieses Jahrhunderts ganz allgemein waren und stellenweise noch heute im Gebrauch sind, bestehen im allgemeinen aus dem Herde, dem zur Rotglut erhitzten freien Raume und dem Kanal zur Einführung der Cylinder. Der Herd liegt bald unter der Sohle des Ofens, bald zur rechten, bald zur linken derselben, je nach den Einrichtungen im Hüttengebäude.

Wenn der Herd sich unter dem Streckofen befindet, so empfängt der Ofen seine Wärme durch vier Füchse, die auf seinen vier Ecken einmünden. Vor der Mündung eines jeden Fuchses bildet die Sohle rechts und links von der Arbeitsöffnung 15 cm hohe Bänke oder Stufen, zwischen welchen sich der in der Sohle glatt eingelassene Streckstein oder die Streckplatte befindet. Der Ofen wird durch ein hinreichend hohes Gewölbe aus feuerfesten Steinen geschlossen; dasselbe muss so hoch sein, dass ein auf den Bänken liegender Cylinder es nicht berührt.

Der Kanal, durch welchen die zu streckenden Glascylinder in den Ofen eingeführt werden, befindet sich in einer etwas schrägen Stellung auf einer der Seiten der Arbeitsöffnung, die selbst auf der Vorderseite des Ofens über dem Herde liegt. Dieser Kanal ist mehr oder weniger lang, je nachdem man darin einen oder mehrere Cylinder auf einmal erhitzen will.

Die Streckplatte ist ohne Mörtel in Sand gebettet, so dass sie den durch die Ausdehnung entstehenden Bewegungen folgen kann, und um 25 cm kürzer als der Streckherd. Es entsteht hierdurch zwischen ihr und der Arbeitsöffnung eine Lücke, die bis zur Höhe der Streckplatte mit kleinen Backsteinstücken ausgefüllt wird. Eine zweite Platte, an die erste anstossend, befindet sich im Kühlofen, welcher vom Streckofen durch eine Scheidewand getrennt ist; letztere besteht aus einer Platte von gebranntem Thon, die von einer starken eisernen Schiene getragen wird. Es entsteht so zwischen dieser und der Sohle des Ofens eine breite Spalte, die der Glastafel, die von dem Strecker in den Kühlofen gebracht werden soll, den Durchgang gestattet.

Der Kühlofen bildet zwei Abteilungen, in deren einer die Glastafel soweit sich abkühlt, dass sie beim Aufrichten nicht mehr verbogen

wird, während in der andern die fertigen Tafeln zu Pfeilern aufgestellt werden. Der Kühlofen ist viel geräumiger als der Streckofen, und die Entfernung der Sohle vom Gewölbe richtet sich nach der grössten Tafel, die gekühlt werden soll.

In den Seitenwänden des Kühlofens befinden sich, einander genau gegenüber, 20 Oeffnungen. Die erstarrten Platten lehnt man, je zwei neben- und je 20 bis 30 aufeinander, auf diese Weise zwei „Pfeiler" bildend, an die Hinterwand des Kühlofens. Nachdem auf diese Weise der erste Doppelpfeiler gebildet worden ist, schiebt man durch das erste Löcherpaar eine starke Eisenstange, gegen die man den zweiten Doppelpfeiler der Glasscheiben anlehnt u. s. w., um sie voneinander getrennt zu halten und zu verhindern, dass sie durch zu starke Belastung zerdrückt werden.

Unter der Kühlplatte liegt eine Feuerung mit vier Füchsen, durch welche der Kühlofen bis zur beginnenden Rotglut erhitzt wird; sobald dies erreicht ist, lässt man das Feuer abgehen und schliesst den Herd ab.

Um diese Wärme zu erhalten und die Stelle, wo die Tafeln aufgerichtet sind, zu erhellen, zündet man im Kühlofen, in welchen übrigens auch ein Fuchs vom Streckofen ausmündet, einige Späne an.

Die in dem Streckofen entwickelte Wärme darf jedoch niemals Kirschrotglut überschreiten, weil sonst die Oberfläche der Glastafeln eine beginnende Schmelzung erleiden, sich mit Bläschen bedecken, und nur ein verbranntes Glas erhalten werden würde.

Beim Bau eines solchen Ofens darf man folgende Regeln nicht aus dem Auge verlieren: man muss 1) dem Streckofen die möglichst kleinsten Dimensionen geben, soweit dies, ohne die leichte Handhabung der Cylinder zu hindern, geschehen kann; 2) die Füchse der Feuerung so anbringen, dass die entwickelte Wärme eine gleichmässige Wirkung auf die ganze Oberfläche des zu streckenden Glases ausübe; 3) dem Gewölbe eine parabolische Krümmung geben, die die Wärmestrahlen senkrecht auf die Streckplatte reflektiert; 4) den Eingang des Kanals zur Einbringung des Cylinders mit Fallthür versehen, um der Entstehung eines kalten Luftstroms vorzubeugen; 5) der Feuerung, ihren Schiebern und denen des Schornsteins eine gute Einrichtung geben, damit die Strecker in dem Ofen stets eine gleichförmige Temperatur unterhalten und den etwa entstandenen Rauch leicht entfernen können. — Ausserdem muss der Kühlofen so tief sein, dass an der eisernen Stange zwei Pfeiler nebeneinander Platz finden, und die Mauern müssen stark genug sein, um der Hitze längere Zeit Widerstand leisten zu können.

Um das oben Gesagte noch deutlicher zu machen, geben wir nachstehend die Beschreibung und Zeichnung eines Streckofens mit fester Streckplatte. **Fig. 278, Taf. XXIV,** ist ein senkrechter und perspektivischer Durchschnitt des Ofens; **Fig. 279, Taf. XXIV,** ein horizontaler Durchschnitt in der Höhe der Arbeitssohle. Ein solcher Ofen hat drei Hauptabteilungen. Die untere *A*, welche die ganze Länge und Breite einnimmt, ist der Feuerraum. Sie wird durch die Arbeitssohle von den beiden oberen geschieden, von denen die höhere *B* der Kühlofen

für die fertigen Glasplatten und der flachgewölbte Raum C der eigentliche Streckofen ist. Hinter den beiden Hauptabteilungen her führt der Kanal D, welcher in dem Streckraume C ausmündet. Auf dem Roste a, welcher an das Aschenloch b und die Schüröffnung d stösst, wird ein lebhaftes Flammenfeuer unterhalten, welches durch die Oeffnungen $cccc$, als ebenso viele Flammenzungen, in die oberen Abteilungen tritt. Drei dieser Oeffnungen gehen in den Streckraum, eine in den Kühlofen. Jener empfängt daher die meiste Hitze, dieser viel weniger, und noch weniger der Kanal D, in welchem die Hitze von innen nach aussen abnimmt, so dass er an dem vordern Ende nicht mehr als die gewöhnliche Temperatur hat. Der Streckherd und der Kühlofen stehen durch eine flach gewölbte breite Oeffnung E, zum Durchschieben der Tafeln dienend, sowie durch eine kleine, höher gelegene g für den Durchgang der Flamme in Verbindung; beide Oeffnungen führen auch die Wärme von C nach B, von wo sie in den Kanal D eintritt und aus diesem bei i nach aussen abgeleitet wird. Der Streckherd muss eben nur soviel Hitze empfangen, dass die eingebrachten Cylinder heiss genug werden, um sich bequem biegen zu lassen; in dem Kühlofen müssen die fertigen Glastafeln möglichst heiss werden, ohne sich zu verbiegen. Der wesentlichste Teil ist die Streckplatte q', welche daher auch im Verlauf der Zeit die meisten Modifikationen und Umgestaltungen erfahren hat. Für gewöhnlich besteht sie aus einer aus Hafenmasse in einem gusseisernen Rahmen geformten Platte, die mit grosser Sorgfalt gearbeitet werden muss und nach dem Brennen eben geschliffen wird. Da sie die Glastafeln doch leicht ritzt oder sonst beschädigt, so pflegt man nicht unmittelbar auf derselben, sondern auf der ersten Glastafel zu streichen, welche zu dem Ende als Unterlage gebraucht und das L a g e r genannt wird. Diese Lager gehen sehr bald in den Zustand der Entglasung über und verwerfen sich, so dass sie öfter ausgewechselt werden müssen, sobald sich die Oberfläche rauh zeigt.

Alles auf dem Lager gestreckte Glas ist frei von Eindrücken, welche sonst durch die Unebenheiten des Strecksteins bewirkt wurden, auch werden bei diesem Verfahren die sogenannten Streckritzen, welche beim Hinübergleiten der weichen Platte über die Steine entstanden, vermieden, namentlich dann, wenn man nicht nur auf dem Lager streckt, sondern auch die gestreckte Platte auf dem Lager in den Kühlofen transportiert; nur zu leicht wird aber das Glas beim Hinüberschieben durch partielle Stauchungen runzelig oder wellig und der häufige Ersatz der als Lager dienenden Glasplatte verursacht einen grossen Aufwand an Material.

Ueber die Details der Arbeit sei noch Nachstehendes hinzugefügt. Sobald der Streck- sowie auch der Vorofen, die zur ungestörten Fortsetzung der Streckarbeit erforderliche Temperatur erlangt haben, reinigt der Gehilfe einen Cylinder, wobei er ihn auf einen mit eisernen Reifen gebundenen hölzernen Bock legt und mit einem leinenen Tuche abreibt. Nachdem er die Ränder des Sprungs wieder in die Lage vor dem Oeffnen gebracht hat, legt er den Cylinder auf die Eisenschienen, die so angebracht sein müssen, dass der darauf ruhende Cylinder die Sohle der Röhre nicht berührt, schiebt ihn etwas vorwärts, um einen zweiten und dritten Cylinder u. s. w. einführen zu können, die er alsdann wei-

ter in den Ofen fortbewegt, worauf er die Einführungsmündung verschliesst. Jetzt ergreift der Strecker das schon glühend gemachte Streckeisen, führt es in den Cylinder ein, hebt ihn von seinem Lager auf und legt ihn behutsam auf die Mitte der Streckplatte, so dass die Spalte nach oben gerichtet ist. Der Cylinder fängt sofort an zu erweichen und hat das Bestreben in sich zusammenzusinken. Der Strecker biegt nun mittels des Streckeisens die Ränder des Spaltes auseinander, **Fig. 280, Taf. XXIV**, und kömmt so dem weiteren Oeffnen zu Hilfe. Bald nachher bildet der geöffnete Cylinder eine grosse Tafel, welche die ganze Oberfläche der Streckplatte einnimmt und nun noch vollständig geebnet werden muss. Zu diesem Zweck legt der Strecker auf eine der Ecken der Tafel eine glühende Stange und fährt alsdann, um die Tafel zu ebnen, mit dem Polierholze, einer an einem eisernen Stiele befestigten Holzkrücke (**Fig. 281, Taf. XXVI**), darüber hin, um endlich, mit dem Streckeisen gegen die Vorderkante der Platte drückend, letztere in den Kühlofen hinüberzuschieben. Hier erkaltet die Tafel, während im Streckofen eine zweite gestreckt wird, so weit, dass sie nun mit der Tafelgabel, **Fig. 282, Taf. XXIV**, aufgenommen und gegen die früher besprochenen Eisenstangen gelehnt werden kann.

Während der ganzen Dauer der Arbeit bleiben das Richteisen, das Streckeisen, sowie die Gabel in dem Ofen, damit sie ihre Hitze behalten. Um das Polierholz stets rein zu erhalten, muss es, so oft eine Tafel gestreckt worden ist, aus dem Ofen genommen und in einen Kübel mit reinem Wasser getaucht werden; zum Polieren eignet sich grünes Eschenholz am besten.

Der Arbeiter muss seine ganze Aufmerksamkeit auf die regelmässige Unterhaltung der Wärme im Streck- und im Vorofen richten; um das Glas nicht zu verbrennen, darf im Streckofen die Rotglühhitze nicht überschritten werden; die Temperatur im Vorofen muss konstant sein und weder u n t e r noch ü b e r anfangender Rotglühhitze liegen; wenn der Ofen zu kalt wäre, würden sich die Tafeln auf der Streckplatte werfen, wäre er zu heiss, in den aufgerichteten Pfeilern sich verbiegen.

Der Strecker hat alles zu vermeiden, was dem vollkommenen Ebnen der Tafeln nachteilig sein könnte, und muss daher den Streckstein mittels eines alten Polierholzes oder einer eisernen Krücke reinigen und von demselben alle fremden Körper, die Eindrücke in dem Glase zurücklassen könnten, entfernen; von Zeit zu Zeit wirft er eine Schaufel gewaschener, erhitzter und gesiebter Kreide oder an der Luft zerfallenen gebrannten Kalk auf das Lager oder den Streckstein, um hierdurch das Festbacken des Glases auf demselben zu verhindern. Zweckmässiger noch geschieht dies Einwerfen in die Schüre, aus welcher die feinen Kalkteile vermöge des Ofenzuges in den Streckraum geführt werden, wo sie sich dann als zarter Staub auf den Streckstein absetzen.

Ist schliesslich der Kühlofen gefüllt, so werden sämtliche Oeffnungen an demselben, in gleicher Weise auch diejenigen des Streckraums geschlossen und dicht verschmiert und dann das Ganze einem drei bis viertägigen Abkühlen überlassen.

Um die Uebelstände, welche, wie erwähnt, mit dem Hinüberschieben der Tafeln mit und ohne Lager verbunden waren, zu vermeiden, sind

dann zunächst von Kirn, Hontard Cossé, Roscher Stecköfen angeordnet worden, welche bei ähnlicher Einrichtung wie der vorstehend beschriebene, von jenem sich dadurch unterscheiden, dass sie zwei Streckplatten enthalten, welche entweder in eiserne Rahmen gefasst, mittels dieser in eisernen Führungsstücken, welche, der Stärke der möglichst dünn gehaltenen Platten entsprechend, in zwei verschiedenen, übereinanderliegenden Niveaus angeordnet sind, aus dem Streckofen in den Kühlofen und wieder zurück aus diesem in jenen gleiten, oder aber, durch untergelegte Achsen und Räder als Wagen angeordnet, auf Schienengleisen von verschiedener Spurweite aus dem einen Raum in den andern gefahren werden können.

Für den Durchgang des Wagens ist die Scheidewand zwischen den beiden Ofenabteilungen mit einer Fallthür von gebranntem Thon versehen, deren Bewegung durch den Strecker vermittelt wird und die er jedesmal aufzieht, bevor er den Wagen in den Kühlofen schiebt, und alsdann sofort herablässt. Dasselbe Manöver wiederholt sich bei jeder Wiederkehr des Wagens.

Diese Verbesserung überlud den Strecker mit Arbeit, woraus oft ein fehlerhaftes Glas entstand, wenn die durch die Hitze aufgetriebenen Achsen die leichte Umdrehung der Räder hinderte oder der an Rahmen und Führungsstücken sich bildende Glühspan das Gleiten erschwerte und daher der Uebergang der Steine aus der einen Abteilung in die andere erschwert wurde.

Da man Platten von 10 bis 12 cm Stärke anwendete, so bedurfte dieses Arrangement einer Erweiterung des innern Raums des Streckofens und folglich auch des Heizens eines grössern Raumes. Es würde aber dieser Umstand allein keinen grossen Uebelstand dargeboten haben, wenn man nicht zugleich Strecksteine in zwei verschiedenen Niveaus erhalten hätte, woraus dann schon ernstere Schwierigkeiten entsprangen; denn während die obere Streckplatte genügende Hitze empfing, hatte die untere in einer gegebenen Zeit deren noch nicht genug; oder wenn man die Temperatur nach der Höhe der unteren Platte regelte, so erhielt dagegen die obere zu viel, und da dies bei Oefen mit rollenden Steinen noch weit mehr der Fall war, als bei denen mit gleitenden, so fanden jene auch weit weniger Verbreitung, als diese.

Neben dem schon besprochenen Nachteile der schweren Beweglichkeit der Streckplatten und des Arbeitens in zwei verschiedenen Niveaus bieten diese Oefen auch noch denjenigen der geringen Leistungsfähigkeit und wir sehen nunmehr die Glastechniker bestrebt, durch neue Konstruktionen bald den einen bald den andern Fehler, womöglich alle drei gleichzeitig zu beseitigen. So entstanden zunächst die von Hutter und Coffan angegebenen Streckofensysteme, welche mit Beibehaltung der bisherigen Konstruktion die Ofensohle zu einem um eine vertikale Achse drehbaren runden, horizontalen Tische umgestalteten, welcher die Strecksteine trug und dieselben je nach seiner Stellung bald in den Streckofen, bald in der Kühlofen führte.

Einer der einfachsten Oefen dieser Art ist der von Hutter angegebene und **Fig. 283, Taf. XXIV**, im Längendurchschnitt durch die Mitte dargestellte Streckofen. *aa* ist die kreisrunde Scheibe von feuer-

festem Thon, *b* ist die Welle mit dem Zahnrad *d*, welches mittels eines Triebes *c*, der Welle des letzteren und einer ausserhalb des Ofens befindlichen Kurbel in Bewegung gesetzt wird, so dass sich die Scheibe in horizontaler Ebene umdrehen lässt. Die Welle steht gerade unter der Scheidewand zwischen dem Kühl- und dem Streckofen, so dass sich in jedem dieser Oefen die Hälfte der Scheibe befindet, die entweder nach Coffan zwei oder nach Hutter vier Streckplatten trägt. *A* ist der Streckofen, *B* der Kühlofen und *C* der Aufstellofen; *x* ist eine polierte Thonplatte, welche an der hinteren Wand des Ofens liegt und auf welche die Cylinder im Streckraume vor dem Strecken gelegt werden, um sie gehörig zu erwärmen; im Kühlraum legt man sie darauf, um sie vor dem Aufstellen etwas abkühlen zu lassen. Wie man sieht, so weicht dieser Ofen, ausser der Beweglichkeit seiner Streckplatte, von dem zuerst beschriebenen Ofen mit fester Streckplatte fast gar nicht ab, so dass eine nähere Beschreibung desselben überflüssig erscheint.

Kaum wird es nötig sein, zu bemerken, dass bei den Oefen mit zwei Steinen der Tisch nach jeder Streckoperation eine halbe Umdrehung machen musste, während bei vier Steinen die Bewegung sich auf eine Vierteldrehung beschränkte.

Um nun den bisher betrachteten intermittierenden Betrieb der Strecköfen zu einem kontinuierlichen zu gestalten, ersetzte man den Kühlofen durch einen Kanal (Galerie) in welchem auf einem Schienengleise eine lange Reihe von Wagen von einem Ende zum andern sich bewegte. An dem ersteren war der Kanal in der Regel mit Feuerung versehen, gegen das zweite hin wurde er allmählich kälter, an jenem wurden neue Wagen eingeführt, mit gestreckten Tafeln beladen und dann nach und nach dem kälteren Ausgange zubewegt, wo sie den Kanal mit den gänzlich erkalteten Platten verliessen. Diese Oefen sind sowohl mit rollenden als auch mit rotierenden Strecksteinen ausgeführt worden.

Zu den ersteren gehört der in **Fig. 284, Taf. XXIV,** abgebildete französische Streckofen mit rollender Platte, Galerie und seitlicher Feuerung. *a* Streckwagen und -platte in dem Streckofen, *e* dieselben Apparate nur etwas schmäler in dem Kühlofen, *m* seitlicher Herd des Ofens mit 33 cm breitem Roste; im hintern Teile des Herdes ist ein Fuchs *q* angebracht, der in den Kühlofen mündet, *l* Feuerherd am Eingang der Galerie, *kk* Blicklöcher am hinteren Teile des beladenen Wagens, *i* vom Train abgelöster Wagen, *hh* Eisenbahn, auf welcher der den Wagen *i* tragende Hilfswagen rollt, *b* Kanal zum Einbringen der Cylinder, *f* Arbeitsöffnung für den Kühlofen, *c* Arbeitsöffnung für den Streckofen, *d* Oeffnung für die eiserne Stange, *p* Scheidewand der Feuerung, *o* Wagenzüge. Die beiden Streckwagen *a* und *e* laufen hier wieder auf Gleisen, von denen das des ersteren die grössere, dasjenige des letzteren die kleinere Spurweite hat. Ausserdem liegt jenes vom Streckofen bis zum Vorkühlofen *B* horizontal, während dieses sich bis zum letzteren soweit senkt, dass der Wagen *e* unter dem Wagen *a* stehen würde, befänden beide sich gleichzeitig in *B*.

Auf den Schienen *hh* läuft eine in der Zeichnung fortgelassene Schiebebühne, welche gestattet, einen Wagen aus der Galerie neben die im Vorkühlraum befindlichen Wagen zu führen, hier mit 20 bis 30

Tafeln zu beladen und ihn sodann wieder in die Wagenreihe zurückzubringen, wo er dem allmählich gegen *n* fortschreitenden Zuge angehängt wird, während von *l* her ein neuer Wagen folgt.

Zwischen den zuletzt betrachteten Oefen mitten inne steht der Poschingersche Ofen. Von den beifolgenden Abbildungen zeigt **Figur 285, Taf. XXIV**, den Ofen im Horizontaldurchschnitt nach *CD*; **Fig. 286, Taf. XXIV**, die Seitenansicht mit einem Teil des Kanals und den eigentlichen Streckofen im Vertikaldurchschnitt nach *EF*; **Fig. 287 bis 289, Taf. XXIV**, stellen einen Wagen in vierfachem Massstabe dar. *a* Oeffnung, durch welche man die Tafeln streckt und ebnet; *b* Oeffnung zum Einbringen der Glascylinder; *c* Oeffnung, durch welche man die Glastafeln auf den Wagen in dem Kanal bringt; *d* und *e* Oeffnung und Kanal, welcher zur mechanischen Vorrichtung der Drehscheibe unter dem Ofen führt; *fg* Schürlöcher; *hhh* . . . Feuerzüge; *i* vier grosse Strecksteine, auf welchen die Glastafeln geebnet werden; *k* gegossene Drehscheibe, auf welche die Strecksteine gelegt werden; *l* Achse der Drehscheibe; *m* Refraktorsteine, welche 1 cm höher als die grossen beweglichen Strecksteine liegen, zum Anwärmen der Glascylinder bestimmt; *o* Vorrichtung zum Heranziehen der mit fertigen Glastafeln beladenen Wagen; *p* Kühlkanal, in welchen die Tafeln auf den auf einer Eisenbahn gehenden Wagen in das Glasmagazin gebracht werden; *q* Wagen zum Wegbringen der gestreckten Tafeln.

Der durch die Oeffnung *b* eingebrachte Cylinder wird auf dem vor der Ausmündung der Oeffnung befindlichen Refraktorsteine bis zu dem Grade erhitzt, dass derselbe auf dem grossen Strecksteine *i*, der sich vor der Oeffnung *a* befindet, von dem Strecker geebnet werden kann; wenn die Glastafel vollkommen glatt ist, wird durch den an der Achse der Drehscheibe angebrachten Mechanismus *d* dieselbe in der Art weiter gerückt, dass ein zweiter Streckstein vor *a* zu liegen kommt, auf welchem ein zweiter Cylinder gestreckt und die Drehscheibe weiter gerückt wird, wodurch die zuerst gestreckte Tafel, ohne ihr Lager zu verlassen, in eine weniger warme Abteilung gelangt, wo sie, bis der dritte und vierte Cylinder gestreckt und vorgerückt worden sind, soweit abgekühlt ist, dass sie, ohne sich zu verbiegen, von dem Strecker durch die Oeffnung *c* mittels einer Gabel in die im anstossenden Kühlkanal *p* befindlichen Wagen *q* horizontal gelegt werden kann. Sobald ein Wagen seine Ladung aufgenommen hat, wird er mittels der Vorrichtung fort und ein leerer an seine Stelle gebracht. Im Kühlkanal kühlen die Glastafeln bei einem weiteren Vorrücken der Wagen gegen den Ausgang ins Glasmagazin allmählich bis zur Temperatur der Atmosphäre ab, und können, dort angelangt, von dem Wagen abgenommen werden, ohne dass sie gekritzt wären oder an ihrem Lüster verloren hätten, während sie vollkommen eben und gut zu schneiden sind.

Die **Fig. 287 bis 289, Taf. XXIV**, geben die Details von der Einrichtung der Streckwagen. **Fig. 287** von oben, **Fig. 288** von hinten, **Fig. 289** von der Seite gesehen.

Ein dem vorstehend beschriebenen sehr ähnlicher Ofen ist von Chance angegeben worden; der Streck- und Kühlofen sind zwei kreisrunde Gebäude, die in der Mitte verbunden sind. Im Innern stellen sie zwei überwölbte Kanäle dar, die durch die innern und äussern Mauern

begrenzt werden. In jedem dieser Kanäle befindet sich ein gusseiserner Rahmen, der auf Rollen ruht und durch ein Räderwerk, welches aussen mit einem Triebzeuge in Verbindung steht, in Umdrehung versetzt werden kann. Auf dem Rahmen im Streckofen liegen acht Streckplatten, mit eben so vielen Lagern; der Rahmen des Kühlofens ist mit Drähten, die vom Mittelpunkt ausgehen, überspannt, und auf diesen ruhen die fertigen Platten.

Beim Betriebe wird der in einer Zuführungsröhre vorgewärmte Cylinder auf die vor der Einführungsöffnung stehende Platte gebracht, dann, nachdem er durch Drehung des Rahmens vor die Arbeitsöffnung geführt worden, gestreckt und die fertige Tafel gelangt nun, während die folgenden Walzen ebenso behandelt werden, durch fortgesetzte Drehung an das beide Oefen verbindende Gewölbe. Hier ist sie soweit erstarrt, dass sie von der Platte abgehoben und auf die Drähte des Kühlofens gelegt werden kann, auf welchen sie, allmählich erkaltend, der Austrageöffnung zugeführt wird. Beschrieben ist dieser Ofen von Bontemps; abgebildet findet man ihn auch in Muspratt, III, 314.

Wesentlich abweichend von der Einrichtung der vorstehend beschriebenen Oefen ist die, welche G. Jones*) seinen Oefen gegeben hat, in welchen die Cylinder in vertikaler Stellung einfach durch die Wirkung des Feuers gestreckt werden, ohne dass sie irgend eine besondere Unterlage haben, die ihre Oberfläche beschädigen könnte. Dadurch behalten sie jene natürliche, glänzende Politur, welche das Glas in der Form von Cylindern so vorteilhaft auszeichnet. Der Cylinder wird nämlich in einen Ofen geschoben, hier allmählich erwärmt, dann mit Hilfe geeigneter Zangen gefasst und quer über dem Ofen nach einem auf Schienen laufenden Wagen geschafft, auf dem er sich vermöge der Ofenhitze zum Teil von selbst ausbreitet. Hierauf wird er in einen Flammenofen geschoben und durch die Hitze desselben vollkommen gestreckt. Ist dies geschehen, so macht man das Glas von der Zange los und lässt es in einem Kühlofen auf die gewöhnliche Weise erkalten.

Bemerkt sei hierzu noch, dass zur Erhaltung der glänzenden Oberfläche bereits Walter**) in Philadelphia vorgeschlagen, einen eisernen Stab in den Cylinder einzuschieben, der so konstruiert ist, dass, ähnlich wie bei Regenschirmen, zwei darin liegende bewegliche Rippen, einander entgegengesetzt, nach aussen gedrückt werden. Durch diese in paralleler Richtung mit dem Stabe bewegte Rippen wird im Streckofen der ursprünglich runde Cylinder zu einem ganz flachen umgeformt. Aus den geraden Seitenwandungen dieses flachen Arbeitsstücks werden dann durch Aufschneiden der beiden Kanten zwei Glastafeln mit glatten Flächen hergestellt.

Ungeachtet der entschiedenen Vorzüge der Kanalöfen und des mit ihnen verbundenen Systems offener Wagen zur Aufnahme der Glastafeln fanden dieselben anfänglich wenig Verwendung. Der Grund hiervon ist mehreren Ursachen zuzuschreiben, unter anderem dem zu grossen Raum, den der Kanalofen zu seiner Anlage erfordert, dem sehr nach-

---

*) Dingler 143. 117.

**) Dingler, 147. 393.

teiligen Einflusse der Temperaturschwankungen infolge des nie ganz zu vermeidenden Zutritts der äusseren Luft, welche häufiges Springen der Tafeln veranlassten, sowie vielfacher Störungen in dem Bewegungsmechanismus.

Diese Uebelstände haben Dillinger, Direktor der Glashütte zu Landquart im Kanton Graubündten, Veranlassung gegeben, sich mit den beim Kühlen des Tafelglases ins Spiel kommenden Verhältnissen und Erscheinungen eingehend zu beschäftigen. Dies führte ihn zur Ermittelung eines Verfahrens, welches als ein grosser Fortschritt in dem in Rede stehenden Prozesse zu betrachten war und eine beträchtliche Ersparnis gewährte. Dasselbe besteht im wesentlichen in der mit einem Kühlofen von besonderer Einrichtung verbundenen Anwendung geschlossener Wagen zur Aufnahme der zu kühlenden Glastafeln.

Dieser Ofen ist in **Fig. 290, Taf. XXV**, im Querschnitt nach der Linie von 1 zu 2, und in **Fig. 291, Taf. XXV**, im Längendurchschnitt nach der gebrochenen Linie von 3 zu 4, zu 5 und zu 6 des Grundrisses, **Fig. 292, Taf. XXV**, dargestellt.

Die wichtigste Rolle spielt der in diesen drei Figuren mit *b* bezeichnete Wagen; die Bestimmung desselben ist, im Kühlofen die Glastafeln aufzunehmen, welche eben gestreckt wurden.

In **Fig. 293** und **294, Taf. XXV**, ist dieser Wagen in seinen einzelnen Teilen dargestellt; **Fig. 294** zeigt den Wagenkasten im Grundriss mit weggenommenem Deckel; **Fig. 293** ist ein Querschnitt des geschlossenen Wagens.

Dieser aus Gusseisen bestehende sogenannte Kühlwagen kann, der Ausdehnung des Betriebes der Glashütte entsprechend, sehr verschiedene Dimensionen haben. Sein Kasten ist auf dem Boden mit hervortretenden Rippen versehen, auf welche die Glastafeln zu liegen kommen, und die gleichzeitig zur Verstärkung des Wagens dienen. Seine senkrechten Wandungen haben vom Boden bis zum Deckel eine Höhe von etwa 12 bis 15 cm. Die beiden Seitenwände und die hintere Wand bilden zur Hälfte teils mit dem Boden, teils mit dem Deckel ein Ganzes; die vordere Wand hängt in ihrer ganzen Höhe mit dem Deckel zusammen, da ein über die Bodenplatte hervorstehender Rand an dieser Stelle des Wagens beim Einführen der Glastafeln hinderlich sein würde.

Der Deckel ist mit dem Wagenkasten durch zwei Scharniere *e* verbunden und lässt sich mittels Haken *f* aufheben, wie **Fig. 291** zeigt. Am oberen Rande des Kastens ist ringsum ein vorspringender simsartiger Rand angebracht, welcher einen dichten Schluss sichert und das Eindringen von kalter Luft in den inneren Wagenraum möglichst verhindert; ebenso ist auch der Deckel durch Rippen verstärkt. Der Wagen welcher mittels des Hakens *g* fortgezogen wird, ruht auf den vier niedrigen Rädern *i*.

Der Ofen selbst besteht aus folgenden einzelnen Teilen:

A Streckofen für zwei übereinanderstehende Wagen *aa'*; *BB'* eigentlicher Kühlofen mit zwei Abteilungen oder Kammern, von denen die eine für den Streckwagen bestimmt ist, während die andere für die zur Aufnahme der Glastafeln bereit stehenden Kühlwagen dient. *C* verschliessbarer Kühlraum, Kühlkammer, welcher nicht erhitzt

wird; *D* Wärme- oder Anwärmeofen für die in den Kühlofen zurückzubringenden entleerten Kühlwagen; *E* Eisenbahn, auf welcher die gefüllten Kühlwagen herausgezogen werden; *E'* Eisenbahn, auf welcher diese wieder eingeschoben werden; *F* Heizkanal, durch welchen die Hitze in den Wärme- und in den Kühlofen geleitet wird.

a a' Streckwagen, auf welchen die Glascylinder gestreckt werden; *b* Kühlwagen, in **Fig. 291** ist derselbe geöffnet und zur Aufnahme der zu kühlenden Glastafeln bereit; *c* Kühlwagen im Wärmeofen stehend; derselbe ist geschlossen und soll in diesem Zustande angewärmt werden; *d d'* geschleifte Züge, die aus dem Heizkanal *F* abgehen; *e* transversale Schienenbahn, auf welcher die gefüllten Wagen in die Kühlkammer geschoben werden; *e'* Schiebebühne auf dieser Bahn; *f f'* Schieber, durch welche die Verbindungen zwischen den einzelnen Kammern nach Erfordernis abgesperrt werden können; *g* kleine Oeffnung, durch welche die zum Oeffnen der Wagendeckel bestimmte Zugkette geht; *h* Kette zum Oeffnen und Schliessen des Deckels vom Wagen *b*; *i i'* Roste der Streckofenfeuerung; in **Fig. 292** ist *k* die Oeffnung zum Einführen der Glascylinder in den Streckofen; *m* Arbeitsöffnung zum Strecken der Cylinder; *n* Oeffnung zum Herausziehen des Streckwagens oder der Lagerplatte (Streckstein).

Wir werden nun die verschiedenen Stadien des Kühlens besprechen und erklären, wie zu diesem Zwecke das System des Ofens und der beschriebenen Wagen fungiert.

Zunächst wird der fertig geblasene Cylinder auf dem im Streckofen stehenden Streckwagen gestreckt.

Die fertig gestreckte Glastafel wird in den Kühlofen *B* gebracht, und zwar auf dem Wagen *a*, welcher in den unter dem Wagen *a'* befindlichen freien Raum zu stehen kommt; dieser obere Wagen *a'* wird dann in den Ofen *A* geschoben und nimmt hier einen neuen zu streckenden Cylinder auf, gerade so, wie bei früher beschriebenen Oefen der Fall; denn nicht der Streck- sondern der Kühlofen ist bei dem Dillingerschen Systeme abgeändert.

Sobald die auf dem Wagen *a* liegende Glastafel an der am wenigsten heissen Stelle des Ofens ihre Weichheit verloren hat und erstarrt ist, wird sie mittels einer Gabel durch die Oeffnung *l* herausgezogen und in den Kühlwagen *b* gebracht, der in diesem Momente geöffnet ist und in dem Ofen *B'* steht. Die gestreckten Glastafeln werden in dieser Weise successive in dem Kühlwagen aufeinander gelegt, und, wenn er davon 12 bis 14 Stück enthält, so wird sein Deckel niedergelassen und der verschlossene Wagen in die Kühlkammer *C C* auf den transportabeln Wagen *e'* geschoben. Nachdem der geschlossene Wagen die Schienenbahn *E* passiert hat, kehrt der transversale Wagen *e'* infolge der Neigung der Bahn von selbst an seinen früheren Platz im Ofen *B'* zurück.

Hierauf wird ein zweiter Kühlwagen, der während dieser ganzen Zeit in dem Wärmeofen erhitzt wurde, wieder auf den in den Ofen *B*, zurückgelangten transversalen Wagen geschoben, dann gleich dem vorhergehenden gefüllt und in die Kühlräume *C C* gebracht; bevor jedoch letzteres geschieht, wird der in diesen Kühlräumen *C C* auf der Schienenbahn *E* befindliche Wagen *b* nach der Oeffnung der Thür *f'* auf

die Verlängerung der Schienen gezogen, damit er an der äusseren Luft vollständig abkühlen kann. Ist dies erfolgt, so wird er mittels eines andern transversalen Wagens auf die Schienenbahn e^2, dann auf die von E' und nach dem Entleeren in den Wärmeofen D gebracht.

Die Schienen der Bahn e^2 steigen von E nach E' an, wie bei dem im Ofen befindlichen Schienenwege, damit der transversale Wagen auch hier, nachdem er entleert worden ist, von selbst an seinen früheren Platz zurückkehren kann. Zur grösseren Bequemlichkeit bei diesen Bewegungen können an der höchsten Stelle der die transversalen Wagen tragenden Bahn Rollen angebracht werden, über welche man an jenen befestigte Ketten schlingt, mittels deren man durch einfachen Zug die Bewegung der Wagen bewirkt, nachdem man die Ketten auch noch um eine höher gelegene Rolle geführt.

Das Füllen eines Kühlwagens nimmt etwa eine Stunde in Anspruch, und da das Kühlen nach diesem Verfahren etwa fünf Stunden dauert, so müssen, wenn keine Unterbrechung des Betriebes eintreten soll, sieben Kühlwagen zur Verfügung stehen. Während einer der Wagen gefüllt und ein zweiter zum Anwärmen benutzt wird, bleiben die fünf übrigen, welche dann gefüllt sind, um vollkommen abzukühlen, ausserhalb des Ofens stehen.

Bei dem neuen System findet das Kühlen selbst binnen 5 Stunden statt, während dieser Prozess im Kanalofen 12 bis 18 Stunden erfordert. Bei Anwendung des geschlossenen Wagens wird also in kürzerer Zeit ein weit regelmässiger und besser gekühltes Glas erhalten, welches sich ausserordentlich gut schneiden lässt. Ueberdies erfordert die Heizung des Kühlofens infolge seines bedeutend kleineren Volums weit weniger Brennmaterial als die der langen Kanalöfen.

Abweichungen im Gange des Dillingerschen Ofens lassen sich leicht erkennen, und die Regelmässigkeit seines Betriebes ist dadurch gesichert, dass die Mittel, um allen schädlichen Einflüssen zu begegnen, stets zur Hand sind. Zu diesem allen kommt noch, dass sich der Dillingersche Ofen, da er etwa nur den vierten Teil des zu einem Kanalofen mit offenen Wagen erforderlichen Raum einnimmt, mit viel geringeren Kosten herstellen lässt.

Wie in den früher beschriebenen Kanalöfen, so liegen auch bei dem Ofen von Dillinger die Tafeln auf dem Kühlwagen dicht aufeinander, was für ein gleichmässiges Kühlen derselben keineswegs vorteilhaft ist. Die Tafeln wieder einzeln durch den Kühlraum zu führen und sie dabei nur einmal umzulegen bezwecken zwei Oefen, von welchen der eine von Flamm*), der andere von Bievez**) angegeben worden ist.

Flamms Ofen ist, wie aus **Fig 295** bis **298, Taf. XXV**, ersichtlich, strenggenommen ein Streckofen mit vertikalem Kühlkanal, so dass bei Platzmangel seine Verwendung vorteilhaft sein könnte, wenn es nicht zweifelhaft erscheinen müsste, ob nach dem hier befolgten Prinzipe überhaupt eine gute Kühlung möglich ist.

---

*) Annales du génie civil 1869. 36; hier nach d. Z. d. V. d. I. XIII, 333.
**) Bulletin de la Société d'Encouragement 1868. 207.

Der Vorderofen A hat die gewöhnliche Konstruktion und geschieht seine Heizung wie auch die des Hinterofens durch Generatorgase, welche in dem Generator E mit Treppenrost produziert werden. Die Verbrennungsluft tritt vom Schürraum K aus durch die Oeffnung M in einen unter dem Vorderofen in mehreren Windungen hingeführten Kanal, durch die Oeffnung L in einen gleichen darüber liegenden und wird in der Kammer i mit dem Gase zusammengebracht, von wo die Flamme durch die Feuerlöcher o, o^1 und p in den Ofen tritt. n ist das Streckloch. Der Hinterofen enthält eine Drehscheibe I mit den beiden Gleisen G und H, welche durch das Getriebe xy mittels der Kurbel r jedesmal eine Umdrehung macht. Als Kühlraum dient der unter dem Schornstein stehende Schacht c, welcher zwei je aus einem Paar endloser Ketten bestehende Aufzüge $a a^1$ enthält, $b b^1$ sind die Wellen der Kettenscheiben, je zwei Ketten sind durch die Stangen $q q^1$ verbunden, diese letzteren heben die Bunde $e e^1$, auf denen die zu kühlende Tafel ruht. Die Bewegung der Kettenscheiben geschieht von der Kurbel r aus mittels der Kette $s t$, das Getriebe u und die beiden Stirnräder $v w$ in der Weise, dass für jede halbe Umdrehung der Drehscheibe im Hinterofen die Stangen $q q^1$ um 300 mm niedergehen. Das Ausnehmen der gekühlten Tafeln erfolgt durch die Oeffnung g, deren Schieber h mit dem Schornsteinregister so verbunden ist, dass bei dem Oeffnen des ersteren das letztere sich schliesst, so dass kein kalter Luftstrom eintreten kann.

Bei Beginn der Arbeit wird zunächst der Streckofen durch direktes, dann durch Gasfeuer angewärmt, während ein Holzfeuer auf dem Stein f im Kühlschachte diesen erwärmt und zugleich den Schornsteinzug einleitet. Ist der Streckofen hinreichend warm, so wird das Holzfeuer ausgezogen und der Schieber h geschlossen. Der eine Streckwagen befindet sich bei F im Vorderofen, der zweite im Hinterofen bei H. Sobald die erste Tafel gestreckt ist, wird der Wagen von F nach G geschoben, die Drehscheibe halb herumgedreht und der Wagen von H nach F gezogen. Durch das Mundloch m hebt der Strecker die Tafel auf die Bunde $e e^1$ der beiden obersten Stangen der Ketten. Kommt nun die zweite gestreckte Tafel in den Hinterofen, so wird I wieder gedreht, wodurch die zuerst übergehobene Scheibe um 300 mm sich senkt und ein neues Paar von Stangen heraufkommt, um die zweite Scheibe aufzunehmen, Ist schliesslich die neunte Scheibe aufgelegt, so ist die erste unten bei f angekommen und kann ausgenommen werden, was dann regelmässig weiter erfolgt.

Der Streckofen von Bievez ist in den **Fig. 299, 300** und **301, Taf. XXV**, in Grundriss, Längen- und Querschnitt dargestellt. Derselbe hat einen mit eigentümlichen Bewegungsmechanismen versehenen Kühlkanal, welcher die Kühlzeit merklich abkürzt. In diesem Kühlkanal ist eine Reihe von Rahmen $C C \ldots$ angebracht, welche sich in Falzen im Mauerwerke auf und nieder bewegen lassen und zwar können vermittelst der Zugstangen $F F$ sämtliche Rahmen zu gleicher Zeit gehoben werden. Das Unterteil jedes Rahmens trägt mehrere Rollen $H H \ldots$, in deren Rinnen sich ein System mehrerer Stangen $J J \ldots$ führt, welches zum Fortbewegen der Tafeln dient.

Bei der Arbeit wird der Wagen *B* mit der gestreckten Tafel aus dem hier nicht mitgezeichneten Streckofen in den Kühlofen *A* geschoben und der Strecker hebt durch das Mundloch *K* mittels einer kurzen Gabel die Tafel auf die Sohle des Kühlofens. Während nun die nächste Walze gestreckt wird, hebt ein Gehilfe durch die Kette *G* und die Zugstange *F* die Rahmen und mit diesen die Rollen und die darin laufenden Stangen *JJ*, von welchen letzteren nun die Tafel getragen wird. Die Stangen sind am hinteren Ende durch die Traverse J_1 miteinander verbunden und können also gemeinschaftlich auf den Rollen nach hinten gezogen werden. Werden die Rahmen nun mit Hilfe der Kontregewichte *EE* wieder gesenkt, so treten Rollen und Stangen in die entsprechenden Vertiefungen der Ofensohle zurück und die Tafel ruht wiederum auf der letzteren, aber so weit mehr nach hinten, dass am Wagen Platz für eine neue Tafel wird. Die Stangen werden in ihre erste Lage zurückgeschoben; bei einem neuen Anheben werden nun zwei Tafeln fortbewegt u. s. f. bis die am Ausgange des Ofens angekommenen und gekühlten Tafeln abgenommen werden können. Der Ofen hat eine Länge von neun Tafeln, so dass diese nach 25 bis 30 Minuten zum Ausnehmen gelangen. Obschon man diesen Ofen anfänglich mit sehr argwöhnischen Augen ansah und namentlich, mit einer Hetzjagd die kurze Kühlzeit vergleichend, dieser letzteren wegen für die Qualität des Glases fürchtete, so ist die Brauchbarkeit des Apparats doch längst anerkannt und derselbe schon um so mehr verbreitet, als der Fortbewegungsmechanismus jetzt so vervollkommnet ist, dass ein Hüttenjunge ihn in Thätigkeit zu versetzen vermag. Der beiderseits gleichmässig erfolgenden Kühlung wegen hat das Glas trotz der kurzen Kühlzeit, eine grosse Elastizität, welche namentlich beim Schnitt auffällig sich dokumentiert. Neuerdings ist sogar in der Spiegelfabrik der Aktiengesellschaft zu Aniche (Dep. d. Nord) das System zum Kühlen grosser Gussspiegel eingerichtet worden.

E. F. W. Hirsch in Radeberg hat sich einen Streckofen patentieren lassen (D. R. P. Nr. 14 436), welcher dadurch zu einem kontinuierlich arbeitenden wird, dass an den Streckraum *i* und den Kühlraum *k*, **Fig. 302** bis **305**, **Taf. XXVI**, die Räume *h* und *H* angebaut sind, welche mit jenen durch ein Gleis *n* in Verbindung stehen, auf welchem die Strecksteine *o* und *O* hin und her rollen. Während im Kühlofen *k* eine vorher gestreckte Tafel auf ihrem Steine *O* abkühlt, wird eine aus der Vorwärmröhre *l* kommende neue Walze im Streckofen *i* auf dem Steine *o* gestreckt. Von *O* wird dann die Platte in den Kühlkanal *m* gehoben, *o* in den Raum *h* zum Kühlen gebracht, *O* aber nach *i* um eine neue Walze aufzunehmen. Ist die letztere gestreckt, so geht *O* zunächst nach *H*, *o* aber nach *k*, gibt dort seine Tafel nach *m* ab, kehrt nach *i* zurück, um dort abermals zum Strecken zu dienen, während *O* nach *k* geht und seinerseits die gekühlte Scheibe nach *m* abliefert.

Da der Streckofen Gasfeuerung hat, unter der Einwirkung von Steinkohlen-, Braunkohlen- oder Torfgas aber das gestreckte Glas bisweilen anläuft, so wird während des Einbringens einer neuen Walze und während des Streckens die Feuerung fast ganz abgestellt und nur auf das äusserst nötige beschränkt, so dass also lediglich die aus dem

Mauerwerk ausstrahlende Hitze die Erweichung des Glases bewirkt. Die Führung der Gaskanäle *aa*, welche in den vier Ecken des Streckofens in dessen Sohle eintreten, sowie der hier gleichzeitig mündenden Luftkanäle *bb* ist aus den Figuren ersichtlich. Selbstverständlich muss, sobald die gestreckte Tafel aus dem Streckofen in den Kühlraum befördert ist, zur Erreichung der erforderlichen Temperatur Gas und Luft sofort wieder in geeignetem Masse zugelassen werden.

Eine Abänderung des Ofens zeigt **Fig. 306, Taf. XXVI**; hier sind zwei Strecköfen i und i_1 vorhanden, welche gleichfalls bei *dd* ... beheizt werden, l und l^1 sind die entsprechenden Vorwärmröhren, k ist der Kühlofen mit anschliessendem Kühlkanal *m*. Zum Strecken dient ein Doppelstreckstein $o\,o_1$, dessen eine Hälfte sich stets in einem der Strecköfen $i\,i^1$ befindet, während auf der andern die vorher in dem entgegengesetzten Ofen gestreckte Platte kühlt um nach dem Strecken einer neuen Tafel jene nach *m* abzugeben.

Von der guten Qualität der Strecksteine hängt ein guter Teil des Erfolgs der ganzen Streckarbeit ab und ist daher auf deren Herstellung alle Sorgfalt zu verwenden. Die riesigen Dimensionen, welche aber die Strecksteine mit der Zeit infolge der stets wachsenden Ansprüche an die Grösse der Tafeln erlangt haben — sind doch Steine von 2,25 bis 2,5 m und mehr Länge heute keine Seltenheit mehr — bedingen oft kaum zu besiegende Schwierigkeiten in der Herstellung derselben. Steine von solchen Abmessungen reissen oder werfen sich gar zu leicht beim Trocknen oder Brennen, selbst beim erneuten Anwärmen im Streckofen, oder sie gehen durch Unachtsamkeit der Arbeiter beim Transport zu Grunde, springen selbst noch im Streckofen infolge der Erschütterungen denen sie beim Hin- und Herfahren auf dem gewöhnlich nicht sehr ebenen Gleise ausgesetzt sind.

Mit bestem Erfolge hat daher Moritz*) die thönernen Strecksteine durch gusseiserne ersetzt und zwar in der Weise, dass er einen offenen flachen Kasten, **Fig. 307, Taf. XXVI**, von 45 mm Randhöhe und 18 mm Wandstärke, dessen äussere Bodenfläche gehobelt und geschliffen wurde, in seinem Innern mit Thonplatten und Mörtel ausfüllte. Zerbrochene alte Strecksteine, deren rauhe Seite man gegen den Boden des Kastens bringt, weil sie die Wärme schlechter leitet als die glatte, sind hierzu, sobald die Stücke nicht zu klein, ganz besonders geeignet. In der Figur ist *a* die geschliffene Streckfläche, *b* die Thonfüllung; letztere ist notwendig, weil das Gusseisen die Wärme zu gut leitet, weshalb selbst in grosser Hitze die Tafeln auf Eisen allein nicht genügend erweichen um sich vollkommen ausbügeln zu lassen. Ein Anbrennen des Glases an das Eisen findet nicht statt und es erhalten die Tafeln eine viel schönere, glattere Fläche und besseren Glanz als auf Thonsteinen. Diese gusseisernen Strecksteine verziehen sich im Feuer nicht und können, im übrigen, gute Behandlung vorausgesetzt, viele Jahre im Gebrauch sein; nur müssen sie von Zeit zu Zeit aus dem Ofen genommen und mit Wasser und Sand abgeschliffen werden. Auch ist streng darauf zu sehen, dass die Streckfläche vor dem Auflegen der Walze recht sauber abgeputzt werde, weil sonst der kleinste darauf liegende Gegenstand

---

*) Sprechsaal 1882. 385.

auf der Scheibe sich stark markiert. Infolge des höheren Glanzes der auf dem Eisen gestreckten Tafel treten aber derartige Fehler in weit grösserem Masse hervor, als beim Strecken auf thönerner Unterlage. Da diese eisernen Strecksteine bei längerem Verweilen im Kühlofen zu sehr erkalten, so kann man selbst bei Verwendung nur eines Steines die Arbeit bedeutend fördern und daher, je nach der Konstruktion des Ofens an Streckwagen, Schiebebühnen, Ofenraum nicht unbedeutende Ersparnisse machen. Schliesslich weist Moritz darauf hin, dass vielleicht durch ein Vernickeln der Streckfläche der gusseiserne Streckstein noch verbesserungsfähig sein möchte.

Schon im Eingange dieses Abschnittes haben wir der Mängel des alten Tafelglases Erwähnung gethan; es gestalteten sich diese jedoch, sobald das Glas, sei es als in seiner Masse gefärbtes zur musivischen, sei es als weisses Glas zur eigentlichen Glasmalerei dienen sollte, zu einem ganz besonderen Vorzuge, indem sie die allzugrosse Helligkeit des durchfallenden Lichts wohlthuend dämpften und durch Interferenzerscheinungen einen eigentümlichen metallischen Glanz bewirkten.

Die in unserer Zeit wieder emporblühende Glasmalerei, welche mehr und mehr nicht nur in monumentalen Profanbauten, sondern auch in bessere und selbst einfachere Wohnhäuser Eingang findet, ist Veranlassung gewesen, dass viele Tafelglashütten die Fabrikation eines ähnlichen Glases aufgenommen haben, so dass sie in dem sogenannten Antik- und dem Kathedralglase zwei Sorten liefern, welche wegen ihrer besonderen Eigenschaft für die Zwecke der Glasmalerei in hervorragender Weise geeignet erscheinen.

Das Kathedralglas wird in der Stärke der mittelalterlichen Glasscheiben teils als geblasenes, teils als gegossenes und gewalztes Glas in allen Farben hergestellt. Die Walzen werden entweder ganz in der gewöhnlichen Weise geblasen und nur durch den Streckprozess erhält alsdann das Glas das eigentümliche wellige, schimmernde Aussehen, oder das letztere wird bedingt durch eine besondere Art der Postenbildung und des Blasens selbst. Nach der ersten Methode*) bringt man die Walze in den stärker als gewöhnlich geheizten Streckofen, nachdem man den Streckstein mit gepulvertem Gips bestreut hatte, gibt von demselben Pulver auf die ausgebreitete Tafel und bügelt die unter Einwirkung der grösseren Hitze mehr erweichte, unter stärkerem Drucke aus, so dass die sonst so ängstlich vermiedenen „Streckschuhe" auf ihrer ganzen Oberfläche entstehen.

Nach der andern Methode, welche E. Grosse in Wiesau sich patentieren liess**) wird das Glas an der Pfeife in feinem Quarzsand, Marmormehl, gepulvertem Glas oder dergl. gewälzt und wieder in das Hafenglas getaucht. Nachdem dies dreimal wiederholt ist, wird die Walze in einer eisernen Form, die an der inneren Wandung mit unregelmässig verteilten Erhabenheiten bedeckt ist, fertig geblasen. Zur Fabrikation des Antikglases dagegen dient ein die Textur des mit Strichen und Bläschen durchsetzten mittelalterlichen Glases nachahmendes gispiges Glas.

---

*) Lobmeyr p. 163.

**) D. R. P. Nr. 13134.

Fügen wir noch hinzu, dass man sich zum Blasen grosser Walzen hier und da eines jener Gebläse bedient, welche gelegentlich der Hohlglasfabrikation beschrieben wurden, dass ebenso das Aufsprengen der Walze, wie das Absprengen der Haube in eleganterer Weise mittels entsprechend gefasster Diamanten geschieht, dass man sich hierzu nach Pilkingtons Vorschlag anderwärts einer Kohlenoxydgasstichflamme bedient, während dieselbe Operation wohl auch nach Fahdts patentiertem, bei der Hohlglasfabrikation näher besprochenen Verfahren, durch einen elektrisch erglühenden Platindraht würde ausgeführt werden können, an andern Orten auch das Lochen der Walzen, namentlich derjenigen mit grösserer Wandstärke, mittels des von Westmeyer verbesserten Lochapparats, von dem bei Besprechung der Fabrikation geblasener Spiegel eingehend die Rede sein wird, geschieht, so dürfte das hier nachzuholende erschöpft sein.

Kugeln, Glocken zum Bedecken von Tellern, Pendulen, Blumenvasen u. dergl., werden auf dieselbe Weise wie die Cylinder geblasen, nur dass man dieselben nicht öffnet und daher das Glas gleichmässig nach der Wölbung verteilt.

Plattgedrückte Glocken werden zwischen zwei parallelen Brettern, vierseitige in einer hölzernen Kiste geblasen, deren Weite den Durchmesser der Glocke bestimmt.

Gestreiftes oder karriertes Glas erzeugt man in hölzernen Formen, welche, wie **Fig. 308, Taf. XXVI**, zeigt, mit etwa 1 cm tiefen Riefen versehen ist. In dieser Form bläst der Glasmacher das Kölbchen auf, in dessen weiche Oberfläche jene Riefen sich tief einpressen. Das weitere Aufblasen des Cylinders geschieht dann ganz in gewöhnlicher Weise und wenn der Bläser bei dem wiederholten Anwärmen die nötige Vorsicht beobachtet, so verflachen sich die Rippen wohl etwas, bleiben im übrigen aber deutlich ausgeprägt. Derartiges Glas, was namentlich zu Korridorfenstern, welche nicht durchsichtig sein sollen, benutzt wird, erzeugt man anderwärts auch durch Pressen der erweichten Tafeln zwischen kannelierten Eisenplatten oder mittels eben solcher Walzen, welche man jene passieren lässt. Aber nicht nur kanneliert erhält man das Glas mittels der erwähnten Pressen, sondern mit den verschiedenartigsten und reichsten Mustern versehen.

Bauchige oder gewölbte Fensterscheiben werden meistens auf die Weise angefertigt, dass man eine Glastafel auf eiserne oder thönerne Formen legt, diese dann bis zum Weichwerden des Glases erhitzt und die Tafeln mit einem passend geformten Poliereisen an die Form fest andrückt.

b) Die Mondglasfabrikation.

Wie bereits bemerkt wurde, ist diese Methode der Tafelglasfabrikation fast gänzlich ausser Gebrauch gekommen; nur in England, wo man hier und da recht grosse Ansprüche an den Glanz des Tafelglases stellt, ist sie vereinzelt noch im Schwunge, da gerade das Mondglas, welches den Streckofen nicht gesehen, durch hohen Glanz vor allem andern Tafelglase sich auszeichnet. Wir haben jedoch geglaubt, sie um so weniger mit Stillschweigen übergehen zu dürfen, als sie ein ganz

besonders interessantes Beispiel von Metamorphosen darbietet, die man das Glas mittels der Pfeife durchlaufen lässt, um aus einem hohlen Körper eine flache, ebene Tafel zu erzeugen.

Bei der Mondglasfabrikation sind zwei getrennte Prozesse — Blasen und Strecken — nicht vorhanden; das Glas wird im Gegenteile zuerst zu einem abgeplatteten Ballon aufgeblasen, welcher dann geöffnet, in dieser Oeffnung nach und nach erweitert und endlich, obgleich in einem eigenen Ofen, jedoch in einer Arbeit zu einer kreisförmigen Scheibe ausgebreitet wird.

Der Bläser nimmt eine entsprechende Menge Glas, etwa 8 bis 9 kg, an seine Pfeife, formt damit das gewöhnliche Kölbchen und bildet daraus auf dem Marbelstein einen Doppelkegel, **Fig. 309, Taf. XXVI**, indem er gleichzeitig eine kleine Höhlung in die Masse bläst. Durch entsprechendes Rollen des Kegels auf einer flachen Eisenstange bildet er sodann an dessen unterer Spitze einen Knopf, an der oberen eine Einschnürung, **Fig. 310, Taf. XXVI**, begibt sich sodann an den Auslaufofen, **Fig. 315, Taf. XXVI**, eine Art Flammofen, aus dem in der Richtung, in welcher der Arbeiter sich befindet, eine lebhafte Flamme von ziemlichem Umfange hervorbricht. Diese tritt aus der runden, mit feuerfesten Steinen eingewölbten Oeffnung *a* (gewöhnlich sind 3 solcher Oeffnungen von 30 resp. 75 und 120 cm vorhanden) anfangs horizontal aus, biegt sich aber sofort, dem Kamine, welcher über dem Ofen an der vordern Mauer *d* steht, zu, nach oben. Zwischen diese Mauer und die Oeffnung *a* hält nun der Arbeiter den Ballon, wärmt ihn gehörig an und bläst ihn sodann zu einer grossen Kugel, **Fig. 311, Taf. XXVI**, indem er darauf achtet, dass der vorhin gebildete Knopf stets in der Verlängerungslinie der Pfeife bleibe. Er erreicht dies, indem er während des Blasens die Pfeife auf einen eisernen Support stützt, während er den Knopf in die kapselartige Vertiefung eines vor im stehenden zweiten Eisens einlegt. Sodann bringt der Arbeiter den Ballon wieder vor die Arbeitsöffnung, so dass jener erweicht und infolge schneller Drehung der Pfeife zu einem flachen Rotationskörper, **Fig. 312, Taf. XXVI**, sich abplattet. Jetzt heftet ein Gehilfe ein Pontil an den Knopf des Bodens, die Pfeife wird abgesprengt, der Meister bringt mittels des Hefteisens den nunmehr an der untern, von der Pfeife abgesprengten, Seite geöffneten Glaskörper, **Fig. 313, Taf. XXVI**, vor die grössere Arbeitsöffnung, so dass er die volle Flamme empfängt, und lässt denselben vermittelst des auf dem gebogenen Eisenstab *b* ruhenden Hefteisens, so schnell als es irgend möglich ist, um seine Achse laufen. Die Zentrifugal- oder Schwungkraft erteilt den Glasteilchen das Bestreben, sich von der Umdrehungsachse, wie in einer Schleuder, in der Richtung der Tangente zu entfernen und es geht der geöffnete Ballon infolgedessen allmählich in die durch **Fig. 314, Taf. XXVI**, repräsentierte Gestalt über, in welcher er „Krone" (daher Krownglas) genannt wird.

Sobald die Weite der Mündung den Durchmesser des Ballons erreicht hat, wird auch der Boden glühend gemacht und erweicht, und hierdurch die ganze Glasmasse befähigt, den bewegenden Kräften nachzugeben und sich in einer Ebene auszubreiten, welche senkrecht auf der Drehungsachse steht. So entfaltet sich der Ballon vollständig und wird in kurzer Zeit zu einer vollkommen ebenen kreisrunden Scheibe

abgeplattet, **Fig. 316, Taf. XXVI**, die nun im Mittelpunkte, wo die Zentrifugalkraft und folglich die Ausdehnung am schwächsten ist, an der Stelle wo das Nabeleisen befestigt war, einen Knopf, das Ochsenauge, bildet. Solange die Scheibe noch weich ist, muss sie der Arbeiter in beständiger Rotation erhalten; hierauf legt er sie auf einen ebenen Haufen heisser Asche oder Sandes nieder, trennt sie von dem Hefteisen mit einem kurzen Schlage oder, wenn das dickere Ochsenauge noch weich, durch einen Schnitt mit einer starken Schere und bringt sie in den Kühlofen, der gewöhnlich in seiner Konstruktion wenig von den früher beschriebenen Auflehröfen abweicht.

Ein geschickter Meister vermag auf diese Weise sehr gleichmässig ausgearbeitete Scheiben von etwa 1,5 m Durchmesser bei nur 1,5 mm Stärke herzustellen. Die Scheiben selbst werden dann, aus dem Kühlgenommen, mittels eines längs der grösstmöglichen Sehne geführten Schnitts in zwei ungleiche Kreisabschnitte — Halbmonde, woher der Name — geteilt und als solche in den Handel gebracht.

Das Mondglas besitzt, weil es mit keiner Streckplatte in Berührung kommt, überhaupt weniger Manipulationen bedarf als das Walzentafelglas, eine grössere Glätte und einen grösseren Glanz als dieses; obgleich auch schwächer und darum an sich billiger, ist es doch in der Anwendung nicht praktisch, weil die runde Form der Scheibe einen nicht unbedeutenden Abfall verursacht; das sogenannte Ochsenauge fand oder findet Verwendung zu Strassen- oder Wagenlaternen.

Bevor man mit dem Zerschneiden der Tafeln, welches in der Schneidestube vorgenommen wird, beginnt, hält man eine oberflächliche Sortierung, wobei die Art und die Zahl der sich vorfindenden Fehler bestimmend sind, ob die Glastafeln gevierteilt, oder in ein oder in mehrere Stücke zerschnitten werden sollen.

Das Schneiden des Glases geschieht mittels des Diamanten auf einer grossen, vollkommen ebenen hölzernen Tafel, die durch vertikale oder horizontale Linien, je nach den Ländern für welche das Glas bestimmt ist, in Quadratzolle oder Quadratzentimeter abgeteilt sind. Auf allen vier Seiten des Tisches ist jede Abteilung mit einer Zahl bezeichnet, damit der Zuschneider augenblicklich die gewünschte Höhe und Breite finden kann. In England ist der Tisch nach Quadratzollen, in Deutschland, Frankreich und Belgien nach Quadratzentimetern abgeteilt.

Gewöhnlich benutzt man zum Schneiden des Glases den rohen kristallisierten Diamant; die angemessenste Grösse sind Stückchen, von denen 40 bis 50 auf einen Karat gehen. Der Diamant wird in einen Stiel gefasst, der an seinem untern Ende ein mit einer Legierung aus 3 Tln. Zinn, 6 Tln. Blei und 4 Tln. Wismut gefülltes Röhrchen hat. Diese Legierung ist in der Flamme einer Weingeistlampe schmelzbar; sobald sie flüssig geworden ist, drückt man den Diamantkern hinein, und dreht ihn mittels einer kleinen eisernen Zange so, dass eine Spitze des Diamanten frei zu stehen kommt, worauf man ihn aus der Flamme nimmt. Die Legierung erkaltet und erstarrt, und der Diamant sitzt fest. Nachdem man das hervorgetretene Metall mittels

eines heissgemachten Messers entfernt, und die beste Schneide durch Streichen auf einem Stückchen Glas ermittelt, setzt man das Röhrchen an seinen Stiel an.

Wenn nach längerer Zeit die Spitze des Diamants ihre Schärfe verloren hat, schmelzt man die Legierung in der Weingeistflamme und lässt in der oben beschriebenen Weise eine neue Spitze hervortreten. Da der Diamant spezifisch leichter ist als die geschmolzene Legierung und also auf dieser schwimmt, so hält es, wenn er eine unregelmässige Gestalt besitzt, und sein Schwerpunkt nicht in die Vertikale einer Spitze fällt, oft sehr schwer, dem Diamant die richtige Stellung zu geben.

Eine einfachere Manier den Diamant zu fassen ist die folgende. Ein kleines eisernes Röhrchen *b*, **Fig. 317, Taf. XXVI,** an einem Ende soweit verengt, dass nur eine kleine Oeffnung bleibt, ist auf den Stiel *c*, der in das Innere der Röhre passt, und an dem Ende eines platten hölzernen Griffs befestigt, aufgeschraubt. Um den Diamant zu befestigen, wirft man ihn in das zwischen den Fingern der linken Hand senkrecht gehaltene Röhrchen, die verengte Oeffnung nach unten, klopft dann mit dem Zeigefinger der rechten Hand auf die Röhre, bis eine Spitze des Diamants hervorgetreten ist, legt auf den Diamant in der Röhre ein Stückchen weiches Blei und schraubt auf dieses den Stiel, so dass das Blei den Diamanten fest presst. Nachdem man die Schneide ermittelt hat, dreht man den flachen Stiel nach der Richtung des Schnitts.

Ein guter Diamantschnitt hinterlässt auf dem Glase fast keine Spur, er spaltet dasselbe ohne alles Geräusch.

Um runde Scheiben zu schneiden, bedient man sich des folgenden Apparats. Auf einem gewöhnlichen Tische ist eine runde hölzerne Scheibe angebracht, die sich horizontal um einen in dem Tische befestigten Zapfen dreht. Ausserhalb dieser beweglichen Platte befinden sich zwei feststehende hölzerne Ständer, die in einem Abstande von etwa 10 cm von der Platte mit einem eisernen Lineale verbinden sind. An diesem Lineale ist ein gefasster Diamant so angebracht, dass er über dasselbe hingeschoben und mittels einer Klemmschraube in jeder beliebigen Entfernung vom Mittelpunkte festgehalten werden kann. Um von dieser Vorrichtung Gebrauch zu machen, legt man die Glastafel auf die runde Platte und bringt den Diamant, indem man auf seinen Stiel einen gelinden Druck ausübt, mit dem Glase in Berührung; lässt man nun die Scheibe mit dem darauf befestigten Glase eine Umdrehung machen, so schneidet der Diamant eine runde Tafel aus.

Seit einer Reihe von Jahren ist indessen statt des Diamants ein anderer Schneideapparat in Gebrauch gekommen, welcher, wie **Fig. 317a, Taf. XXVI,** zeigt, aus einem in einem starken Handgriff festgelagerten kleinen, scharfkantigen, quecksilbergehärteten Stahlrädchen besteht. Man rühmt diesem Apparate gleiche Dauerhaftigkeit, wie der Diamant sie besitzt, nach und es soll derselbe zum Zerteilen starker Glastafeln sich besser eignen als dieser.

Zuweilen reichen diese Instrumente nicht aus, um das Glas nach einem gegebenen Modell zu schneiden; man nimmt alsdann seine Zu-

flucht zu einem glühenden Eisen, oder einer besonderen Art Messer von hartem Stahl; ehe man Gebrauch vom Diamant machte, wandte man stets eines dieser beiden Mittel an.

Um Glas mittels eines glühenden Eisens zu schneiden, macht man auf dem Rande mit einer dreikantigen Feile einen Einschnitt. Setzt man nun ganz nahe an diesem Einschnitt das glühende Eisen ein, so entsteht sofort ein kleiner Riss, der sich genau in der Richtung verlängert, in welcher man das Eisen führt. Da bei grösseren Tafeln das Eisen sehr oft wieder erhitzt werden muss, so bedient man sich besser der Sprengkohle, deren Herstellung wir an einer früheren Stelle angegeben haben. Diese Kohle hat den Vorteil langsam zu brennen, und die Hitze steigert sich, wenn man auf das glimmende Ende des Stängelchens bläst. Statt der Sprengkohle kann man sich auch der in salpetersaures Bleioxyd getauchten und wieder getrockneten Spindelholzkohle, oder auch weisser Holzspäne, die in einer Auflösung von Salpeter gekocht wurden, bedienen.

Das Schneiden mit dem Stahlmesser oder dem Krössel besteht darin, dass man den Rand der Glastafel in einen kleinen, in eine dünne Stahlplatte gemachten Einschnitt bringt; durch eine gewisse Bewegung, die man der Klinge erteilt, bricht man kleine Stücke Glas aus, und gibt, indem man diese Operation wiederholt, dem Glase die gewünschte Gestalt. Wir werden auf dies Instrument beim Zerteilen der Spiegelgläser nochmals zurückkommen.

Wenn man Ausschnitte mit scharfen Ecken bilden muss, so bohrt man in jedem Winkel erst ein kleines Loch und vereinigt diese Löcher durch einen Schnitt mit dem Diamanten. Sollen Löcher in eine Glastafel gebohrt werden, so legt man dieselbe auf ein Stück glatte und ebene Pappe, bringt auf die betreffende Stelle einen Tropfen Terpentinöl und setzt die Spitze eines aus hartem Stahl gefertigten Bohrers darauf; indem man denselben in eine rasch umdrehende Bewegung versetzt (am besten mittels eines sogenannten amerikanischen Bohrers), entsteht rasch das beabsichtigte Loch.

Um das fertig geschnittene Glas zu verpacken, breitet der Packer, nachdem er eine Kiste von der erforderlichen Grösse ausgesucht und ihr eine etwas geneigte Stellung gegeben hat, auf deren Boden etwas Stroh aus und legt quer vor die Oeffnung eine Handvoll Strohwerrig. Hierauf fasst er einen Pfeiler von 6 Stück Glastafeln, die durch etwas dazwischen gelegtes Heu voneinander getrennt sind, und lässt ihn in die Kiste gleiten. Durch das Einlegen des Glases richtet sich das Stroh empor und wird alsdann auf die Tafeln umgelegt, worauf man einen zweiten Pfeiler von sechs Tafeln in die Kiste und darüber erst wieder etwas Stroh, und alsdann einen dritten Pfeiler legt und so fort bis die Kiste ganz gefüllt ist. Nachdem dies geschehen, schiebt der Packer das Glas mittels eines hölzernen Spatels zur Seite, und füllt den so entstandenen leeren Raum, ohne zu viel Gewalt anzuwenden, mit Stroh aus; hierauf presst er das Glas gegen die Strohballen, um auf der entgegengesetzten Seite der Kiste einen leeren Raum zu bekommen, der dann dichter mit Stroh ausgestopft wird; schliesslich fasst er alle Enden von Stroh zusammen, legt, um die Glastafeln fest-

zuhalten, zwei Strohballen darüber und verschliesst die Kiste mittels ihres Deckels.

Der Transport der Kisten muss stets in aufrechter Stellung geschehen; wollte man sie flach stellen, so würde dies unfehlbar Bruch zur Folge haben.

2. Die Spiegelglasfabrikation.

Ueber die Erfindung der Glasspiegel haben wir bereits in der Einleitung einen kurzen geschichtlichen Ueberblick gegeben, und wenn es hiernach nicht unwahrscheinlich ist, dass bereits die Sidoniten Glasspiegel anzufertigen verstanden, so ist es dagegen sicher, dass diese Kunst zuerst von den Venezianern in grösserem Umfange ausgeübt wurde. Es scheint wenigstens vieles dafür zu sprechen, dass die Venezianer Erfinder der metallbelegten Planspiegel gewesen, während Deutschland und Frankreich, von woher Venedig lange Zeit seine Spiegel bezogen, vielleicht nur die ältere Form belegter Glasspiegel produziert hatten, wie sich dieselbe durch Zerschneiden grösserer mit Blei ausgegossener Kugeln ergab.

Die Spiegelfabrikation erfordert sowohl wegen des Schmelzens, des Streckens oder Giessens und des Kühlens, als auch wegen des Schleifens und Polierens sehr grosse Räumlichkeiten. Da sie ansehnliche Mengen von Soda verarbeitet, so ist in Saint-Gobain, wie auch in den belgischen Etablissements, mit der Fabrikation der Spiegel die von chemischen Produkten verbunden.

Die Darstellung von Spiegelglas verlangt nicht nur eine sehr sorgfältige Auswahl der dazu zu verwendenden Materialien, sondern auch ausserdem die grösste Aufmerksamkeit, damit dasselbe von Bläschen, Knoten, Streifen u. s. w. frei sei, mit einem Worte, eine vollkommene homogene Masse bilde, damit nicht durch fremdartige Körper oder ungleichdichte Schichten Reflexe entstehen, unter denen die Deutlichkeit des gespiegelten Bildes nur leiden würde. Was die Färbung betrifft, die meistens das Spiegelglas zeigt, vorausgesetzt, dass sie nur eine sehr geringe sei, so ist man noch nicht darüber einig, ob man dieselbe als einen Vorzug oder einen Fehler zu betrachten habe. Wenn man jedoch Spiegel will, welche das Bild der Gegenstände in möglichst grosser Natürlichkeit wiedergeben, so wird man die farblosen Gläser als die besten ansehen müssen, wo man gefärbtes Glas vorzieht, kann es sich nur um die Hervorbringung unter Umständen wünschenswerter Effekte handeln; absolut farbloses Glas lässt sich überhaupt nicht darstellen.

Wie aus den bereits mitgeteilten Gemengen oder Sätzen zu Spiegelglas hervorgeht, so ist das letztere, was die Natur seiner Bestandteile anlangt, von gewöhnlichem Glase nicht verschieden, und auch hier bilden, neben Kalk, Kali oder Natron das Flussmittel. In England, Frankreich und Belgien wendet man fast nur Natron, in Deutschland (Böhmen) ausserdem auch Kali an; letzteres liefert nur ein schwach gefärbtes Glas, während das Natronglas immer einen sehr deutlichen Stich ins Blaugrüne hat, den man aber, selbst in starken Tafeln jetzt sehr wohl zu verdecken versteht.

Die Darstellung der Scheiben zu den Spiegeln geschieht auf zwei verschiedene Weisen; sie werden entweder geblasen oder gegossen. Die erstere Methode ist die ältere und weicht kaum von der Fabrikation des Tafelglases ab, ausser dass man die Scheiben, je nach der Grösse der Spiegel, stärker macht. Wegen der bedeutenden Anstrengung der Lungen, die das Blasen grosser und dickwandiger Cylinder erfordert, lassen sich nach dieser Methode Glastafeln, wie sie der heutige Geschmack verlangt, kaum darstellen. Dagegen ist bei Anfertigung von Scheiben durch den Guss der Grösse der Tafeln kaum eine Grenze gesteckt; die letztere Methode hat darum auch das Blasen von Spiegelscheiben beinahe vollkommen verdrängt, so das dasselbe nur noch für die kleineren Gattungen und zwar hauptsächlich in Böhmen, zum Teil aber auch noch in Bayern angewendet wird.

a) Das Blasen des Spiegelglases.

Die Darstellung eines Spiegels durch Blasen ist, wie schon bemerkt, heute nur noch für solche von kleinen Dimensionen üblich und sie unterscheidet sich in diesem Falle kaum von der schon beschriebenen des Tafelglases. Anders aber gestalteten sich die Manipulationen, wenn es galt, grosse Spiegelgläser zu erblasen, welche dann auch entsprechend stark gehalten werden mussten und nicht selten den Bläser zwangen, einen Posten von 40 bis 50 kg und darüber an seiner Pfeife aufzunehmen. Sollen derartige Gläser geblasen werden, so nimmt der Arbeiter mit der Pfeife einen etwa 10 cm im Durchmesser haltenden Glasklumpen aus dem Hafen und gibt ihm unter stetem Umdrehen der Pfeife und Marbeln die Gestalt einer Kugel, **Fig. 318, Taf. XXVII,** dann bildet er durch wiederholtes Aufnehmen von Glas (wobei der Bläser durch mehrere Arbeiter unterstützt werden muss, welche eine Eisenstange quer vor die Arbeitsöffnung halten, auf welche jener die an und für sich schon schwere, von einem Manne kaum zu regierende Pfeife legt) den Körper **Fig. 319, Taf. XXVII,** aus welchem durch Marbeln nnd senkrechte Haltung der Pfeife die **Fig. 320, Taf. XXVII,** entsteht, während gleichzeitig schon die erste, sorgfältig zentrierte Höhlung in die Masse geblasen wird. Durch Einschnüren am Halse, Marbeln und Blasen entsteht dann der dickwandige Hohlkörper **Fig. 321, Taf. XXVII.** Durch fortgesetztes Schwenken und Blasen, wobei, handelt es sich um grosse Gläser, die Pfeife an einer umgeschlungenen Kette hochgezogen wird und der sie in Schwingungen versetzende Bläser auf einem Gerüste steht, erfolgt nun die Bildung des Cylinders **Fig. 322, Taf. XXVII,** dessen anfänglich dickwandiger Boden bei fortgesetzter Arbeit das Material zur Verlängerung der Walze liefert bis diese endlich ihre Vollendung erhält, **Fig. 323, Taf. XXVII.** Unter Nachlassen der Kette und Niederdrücken der Pfeife wird sodann das Ganze in eine horizontale Lage gebracht, der Boden des Cylinders angewärmt und dann, wie **Fig. 324, Taf. XXVII,** andeutet, mit einem scharfen Eisen genau in der Mitte der kugelförmigen Rundung ein etwa 5 cm weites Loch geschlagen, diese Stelle von neuem erhitzt und die Oeffnung mit einer Schere oder Zange bis zum Durchmesser des Cylinders ausgeweitet. Nun schneidet man den noch weichen oder wieder erweichten Cylinder mit einer Schere etwa

bis zur Hälfte seiner Länge auf, biegt die unteren Ecken des Schnitts sowohl wie die diametral gegenüberliegende Stelle der Cylinderwand, ähnlich wie wir dies schon bei Theophilus beschrieben fanden, einwärts, bringt den Cylinder unter Nachlassen der Kette auf ein entsprechend gestaltetes eisernes Gerüst, heftet an sein offenes Ende den sogenannten Pontil, eine an einem Hefteisen befestigte und wie in *a*, *b* und *c*, **Fig. 325, Taf. XXVII,** gestaltete Glasmasse, trennt den Cylinder von der Pfeife, bringt ihn mittels des Hefteisens wieder vor die Arbeitsöffnung um das obere Ende zu erweichen, macht hier einen zweiten Einschnitt in der Richtung des ersten, doch nicht ganz bis an diesen heranreichend, weitet auch diese Oeffnung wie oben beschrieben aus und beendet die Arbeit, indem man durch einen Schlag auf das Hefteisen den Pontil absprengt und die Vereinigung der beiden gemachten Einschnitte durch einen schwachen Schlag mit einem messerartig zugeschärften Stücke Holz herbeiführt; nachdem man noch die vorher eingedrückten Ränder etwas auseinander gebogen hat, bringt man die Cylinder in den Streckofen.

Neuerdings ist der Versuch gemacht worden, diese Methode des Oeffnens grosser Walzen, die auf den alten Spiegelglashütten ganz allgemein gebräuchlich war, auch in die Fensterglasfabrikation einzuführen und zwar zur Ersparung von Arbeitskraft mit Hilfe mechanischer Vorrichtungen.

Der hierzu dienende in **Fig. 326, Taf. XXVIII,** abgebildete Apparat*) besteht im wesentlichen aus einer Hülse *a*, in welcher ein beiderseits mit den Stiften *b* und *c* ausgerüsteter geschlitzter Bolzen *e* steckt. In dem Schlitze des Bolzens befindet sich eine Nase *o*, welche, um einen Stift drehbar, in der Richtung nach *b* sich umklappen lässt, während sie nach *c* hin, hier gegen den Bolzen sich legend, sich nicht dreht. Tritt der Glasmacher auf den Hebel *h*, so wird vermöge mehrfacher Zugstangen und Hebelübersetzungen die Knagge *k* gegen die Nase *o* gedrückt und letztere, mit ihr aber auch der Bolzen *e* in der Hülse gegen *c* hingeschoben. Um den Stift *c* ist eine starke Spiralfeder gewunden, welche hierdurch gespannt wird und den Bolzen *e* mit grosser Gewalt nach *b* hin schleudert, wenn bei fortgesetzter Drehung die Knagge *k* diese letztere endlich von der Nase *o* abschnappt, auf diese Weise den am vordern Ende des Bolzens sitzenden Schlagstift *b* in den noch weichen Boden der in dem backenförmigen Ansatze der Hülse *a* ruhenden Walze treibend. Sobald nach erfolgtem Schlage der Bläser seinen Fuss von dem Hebel *h* entfernt, bringt das Gegengewicht *l* die Vorrichtung wieder in die Anfangslage zurück, wobei die Knagge *k* die Nase *o*, diese zurückklappend, ohne Anstoss passiert.

Die Behandlung grosser Spiegelwalzen im Streckofen hatte nicht allein, wie dies bei der Tafelglaswalze der Fall, den Zweck des Geraderichtens und Ebnens, sondern auch den des wirklichen Ausstreckens in Bezug auf Länge und Breite. Denn diese Walzen zeigten bei für grössere Spiegel nicht genügender Oberfläche oft eine beträchtliche, 2 bis 3 cm übersteigende Wandstärke. Nach dem ersten Strecken

---

*) Für W. Westmeyer, D. Schweppe und R. Schlikker in Witten unter Nr. 11503 in Deutschland patentiert.

wurde daher die in der grösseren Hitze des betreffenden Ofens stärker erweichte Platte durch Ausrecken mittels langer Zangen und gleichzeitiger Behandlung mit schweren, flachen, eisernen Krücken auf der vorher mit Sand bestreuten Strecksohle nach der Länge und Breite ausgearbeitet und so allmählich auf die beabsichtigten Dimensionen gebracht. Schliesslich wurde die fertige Tafel in den Kühlofen hinüber geschoben. Ein solcher Ofen nahm gewöhnlich von Spiegelgläsern der grössten Dimensionen nur eins auf.

Die Sohle des Ofens befindet sich genau in demselben Niveau, wie die obere Fläche des Streckofens; sie bildet den wichtigsten Teil des Kühlofens für Spiegelscheiben, die sich hier noch vollkommen ebnen sollen. Ihre Herstellung erfordert daher auch die grösste Aufmerksamkeit und Sorgfalt, damit sie längere Zeit die ebene Oberfläche bewahre. Gewöhnlich verwendet man hierzu auf allen Seiten glattgeschliffene gebrannte Steine, die ohne Mörtel in Sand eingebettet werden, damit sie sich in der Hitze ausdehnen können. Da jedoch diese Steine oft in Unordnung geraten, und dann Unebenheiten entstehen, so musste man, so oft eine Spiegelscheibe eingesetzt werden sollte, nachsehen, ob auch alle Steine wagerecht lagen. Infolge dieser Veränderlichkeit der Sohle kamen oft bauchige und verzogene Gläser vor, deren Richten eine kostspielige Arbeit bildete.

Da es immer schwierig ist, eine grössere Anzahl kleiner Steine in einer vollkommenen Ebene zu erhalten, so hat man auch die Sohle für diese Oefen aus einer einzigen Platte von gebranntem Thone von der Grösse der Spiegeltafel hergestellt, ohne jedoch, wie es scheint, hierdurch dem Ziele wesentlich näher gekommen zu sein, denn man ist grösstenteils wieder von dieser Methode abgekommen.

Nach einem von Flamm empfohlenen Verfahren stellt man die Sohle statt aus gebrannten Steinen oder grossen Thonplatten, durch Schlagen von plastischem Thon her, so dass sie aus einem einzigen zusammenhängenden Stücke besteht. Sie erhält eine Stärke von etwa 13 cm, die in zehn aufeinanderfolgenden Schichten jedesmal 1,3 cm hoch aufgetragen werden. Zwischen jede Schicht legt man, in Entfernungen von etwa 2,5 cm, Stäbchen von 2 mm starkem Eisendraht in der Weise, dass deren Enden noch etwas über die Sohle hervorragen. Nachdem der Boden die angegebene Höhe erlangt hat, wird derselbe solange mit Bläueln bearbeitet, als er noch Eindrücke von demselben annimmt, worauf man die Eisenstäbchen, eines nach dem andern, herauszieht. Durch die so gebildeten hohlen Räume wird nicht allein das Trocknen der Sohle bedeutend gefördert, sondern diese ist Beschädigungen durch Temperaturwechsel weniger ausgesetzt. Nachdem man den fertig geschlagenen Boden durch einen 12 mm breiten und 12,5 cm tiefen Einschnitt ringsum von dem Mauerwerk abgetrennt hat, überlässt man ihn sich selbst. Ist er gehörig trocken geworden, was man zuletzt durch zwei Kohlenbecken mit glühenden Kohlen, die von einer Stelle zur andern gerückt werden, unterstützt, schreitet man dazu ihn zu brennen. Zu dem Ende unterhält man auf den beiden Herden ein schwaches Feuer, verstärkt es aber sofort zum Hellrotglühen, sobald sich keine Wasserdämpfe mehr zeigen. Diese Hitze wird 48 Stunden lang unterhalten, während welcher Zeit der Kühlofen verschlossen bleibt.

Nachdem der Kühlofen erkaltet ist, steigt ein Arbeiter hinein, entfernt die Asche und beginnt die Sohle zu ebnen. Dies geschieht zuerst mit einem Meissel, um die groben Unebenheiten zu entfernen, dann mit Sand. Zu diesem Zweck reibt er die Sohle mit einem breiten, in einen Rahmen eingefassten und mit einer Handhabe versehenen Strecksteine; indem dies fortgesetzt wird, wobei man den gesiebten Quarzsand von Zeit zu Zeit erneuert, erhält man zuletzt eine gut geebnete Sohle, die sich, wenn sie bei Hellrotglühhitze gebrannt worden war, nicht aufbläht; denn die zum Kühlen der Spiegel genügende Wärme übt auf eine Sohle, die bei einer höheren Temperatur gebrannt worden war, durchaus keinen nachteiligen Einfluss. Diese so hergestellte Sohle ruht auf einer von einem oder mehreren Gewölben gebildeten Unterlage, die in die Wage gelegt und mit einer 15 cm hohen Schicht von geglühtem Sand überschüttet worden war.

Das Gewölbe besteht aus einem einzigen, von den beiden als Widerlage dienenden Seitenmauern getragenen Bogen. Im Scheitel des Gewölbes befinden sich zwei Oeffnungen, die während des Heizens dem Rauche, sowie der Wärme zum Abzug dienen.

b) Das Giessen der Spiegelscheiben.

Das zum Giessen von Spiegeln bestimmte Glas verlangt einen noch höheren Grad von Reinheit als solches, von welchem Spiegel geblasen werden sollen; bei der letzteren Operation setzen sich die Unreinigkeiten teils zu Boden, teils bleiben sie an den Wandungen und an dem Hafenringe hängen, und der Bläser schöpft somit mit seiner Pfeife leichter ein lauteres Glas. Alle diese günstigen Umstände fehlen beim Guss und müssen daher, da man ein nicht vollkommen lauteres Glas in keiner Weise verarbeiten kann, durch andere Mittel und Wege erzielt werden. Man verwendet daher jetzt die grösste Sorgfalt auf die Reinheit der Materialien und das Abschäumen und Läutern des geschmolzenen Glases, während man früher, gezwungen durch die Qualität der Rohmaterialien, noch besondere Giesshäfen anwendete, die im Ofen aufgestellt waren und in welche das geläuterte Glas aus den Schmelzhäfen übergefüllt wurde, wobei die am Boden abgelagerten fremdartigen Stoffe zurückblieben.

Die in den alten Spiegelgiessereien gebräuchlichen Oefen hatten ganz die Konstruktion der in den **Fig. 75** bis **80, Taf. IX,** bereits früher vorgeführten. Indessen gab es auch solche Abänderungen, bei denen die erweiterten Giesshafenbänke an den Enden der Ofenbänke lagen, während die Schmelzhäfen den mittleren Raum derselben einnahmen.

Man teilte die Schmelzzeit und Läuterungszeit in gleiche Teile und rechnete für jede gewöhnlich 16 Stunden, so dass nach 16 Stunden Schmelzzeit das Glas in die Giesshäfen übergeschöpft und, nachdem es hier 16 Stunden geläutert, zum Giessen verwendet wurde. Während dieser Zeit war auch das Gemenge, mit welchem die Schmelzhäfen nach ihrer Entleerung wieder beschickt wurden, wieder geschmolzen und zum Ueberschöpfen fertig geworden, so dass, wenn das Schmelzen und das Ausgiessen regelmässig verlief, immer in der einen Hälfte der Häfen

geschmolzen und in der andern geläutert wurde. Damit die Glasmasse die zum Guss geeignete Konsistenz bekäme, liess man während der letzten zwei oder drei Stunden der Läuterungszeit, durch Einstellen des Heizens und Verlegung der Arbeitsöffnungen, die Hitze des Ofens etwas abfallen. Bei dem Ueberschöpfen der Glasmasse aus dem Schmelz- in den Giesshafen, blieben nicht nur die am Boden des erstern angehäuften Unreinigkeiten, Quarzstückchen, Rampen u. dergl. zurück, sondern es fand dabei auch eine vollständigere Vermengung der einzelnen Glasschichten statt, und man erhielt auf diese Weise sowohl ein reineres als auch ein gleichförmigeres Glas.

Wenn das Glas in den Schmelzhäfen vollkommen geschmolzen war und zum Ueberschöpfen geschritten werden sollte, so wurden die Giesshäfen mit Haken oder mittels des Zangenwagens, **Fig. 170, Taf. XIX,** dessen Zangen in den Einschnitt oder Gürtel des Hafens eingelegt worden, durch die geöffneten Giesshafenlöcher aus dem Ofen gezogen, mittels einer Krücke oder Schere von allem darin enthaltenen Glase und andern fremden Körpern gereinigt und ausgeputzt, dann sogleich wieder an ihren Platz auf die Bank geschoben und die Giesshäfenlöcher mit ihren Platten verstellt und verschmiert. Nachdem dies geschehen, wurden die Schmelzhäfen mittels eines an dem Pontileisen befestigten Stückes Glas abgeschäumt und durch die Arbeitsöffnungen das Glas mittels der Schöpflöffel in die Giesshäfen übergefüllt; nach je dreimaligem Schöpfen mussten die Löffel in Wasser abgekühlt werden. Hatte man sich durch Probeziehen von der vollkommenen Läuterung überzeugt, so schritt man zum Giessen, wozu, da es mit der grössten Schnelligkeit ausgeführt werden musste, alle nötigen Vorbereitungen schon vorher getroffen waren. Zuerst wurde der Lehm, womit die vor den Häfen befindlichen Platten, die Aufbrechlöcher, verschmiert waren, mit einem eisernen Haken, dem Aufbrechhaken, hinweggekratzt, die Platten selbst aber auf einer Gabel, dem Abhebeisen, hinweggetragen. Mit einem grossen Brecheisen wurde dann der Giesshafen oder die Wanne von der Bank losgemacht, aufgebrochen und mittels eiserner Ziehhaken auf das Trageblech des vor dem Giesshafenloche stehenden Giesshafenwagens, **Fig. 327, Taf. XXVII,** gezogen, der die Wanne an die Giesstafel führte.

Die Giesstafel war eine aus Bronze oder Eisen gegossene Platte von 3 bis 6 m Länge, 1,5 bis 3,5 m Breite und 12 bis 15 cm Dicke mit vollkommen ebener Oberfläche; sie ruht auf einem beweglichen aus starken eisernen Balken zusammengefügten Gestelle, dem Tafelwagen, **Fig. 328, Taf. XXVII,** an dessen Fuss auf der einen schmalen Seite zwei, an der andern entgegengesetzten Seite ebenfalls zwei eiserne Rollen sich befinden. Der Wagen selbst lief auf einer Eisenbahn, welche längs dem Kühlofen so angebracht war, dass die Giesstafel beim Anfahren genau in das Niveau der Schwelle des Mundlochs, welches schon im voraus bis auf eine niedrige Oeffnung vermauert war, zu stehen kam. Zu der Tafel gehörte eine Walze, ebenfalls von Bronze oder Gusseisen, von etwa 1,6 bis 3,6 m Länge, 33 cm Durchmesser und 2,5 cm starken Wänden. Durch die Walze ging eine viereckige eiserne Achse, deren an beiden Seiten hervorragende Enden gut abgerundet waren, um über dieselben hölzerne Handhaben schieben und vermittelst dieser die Walze auf der Platte fortbewegen zu können. Auf die Giesstafel wurden dann

bronzene oder eiserne Leisten *tt*, **Fig. 327**, gelegt, auf welchen die Walze fortrollte; sie waren etwa 2,5 cm breit, während ihre Höhe von der der Spiegeltafel zu gebenden Dicke bestimmt wurde, so dass man deren mehrere, von 8 bis 15 mm und selbst darüber, vorrätig haben musste; die Entfernung der beiden Leisten voneinander richtete sich nach der dem Spiegel zu gebenden Breite.

Der Transport des Giesshafens zur Giesstafel geschah mittels des eisernen Giesshafenwagens, **Fig. 327, Taf. XXVII**, auf dessen Trageblech *F* der Giesshafen gestellt wurde. Vor jedem Kühlofen befand sich ein Krahn, dessen Einrichtung aus **Fig. 329, Taf. XXVII**, ersichtlich ist, und in dessen Haken die in **Fig. 328, Taf. XXVII**, bereits um den Giesshafen gelegte Hafenschlinge hing, mittels deren man den Hafen fassen und heben konnte.

Nachdem die auf dem Wagen liegende Giessplatte vor dem Mundloch des Kühlofens aufgefahren, durch aufgeschüttete glühende Kohlen erhitzt und dann wieder sorgfältig gereinigt worden, wurde der Giesshafen mittels des Zangenwagens aus dem Ofen gezogen, auf das Tragblech des Giesshafenwagens gesetzt und schnell an die Giesstafel geführt, dann aber die Giesshafenzange um denselben gelegt und diese in die an dem Haken des Krahns befindlichen Ketten eingehängt. Jetzt wurde der Hafen mittels eines kupfernen, säbelförmig gekrümmten Messers abgeschäumt, in die Höhe gezogen, von aussen sorgfältig von allem anhängenden Schmutz gereinigt, dann mittels der beiden Handhaben der Giesshafenzange unter entsprechender Drehung des Krahns über die Tafel geführt, auf welcher die Walze an der dem Kühlofen zugewendeten Seite ruht, und dort in die in **Fig. 328** angegebene Lage gebracht. Mittels der von den Arbeitern ergriffenen Handhaben der Hafenzange wurde alsdann der Hafen geneigt und der Inhalt desselben vor die Walze auf die Tafel ausgegossen, wobei man den Hafen längs der Walze von *E* nach *D* führte. Zu gleicher Zeit hielten zwei andere Arbeiter die vorn nach dem Halbmesser der Walze ausgeschnittenen Vorhalteeisen *mm*, innerhalb der Leisten an die Walze, um zu verhindern, dass Glas über die ersteren abfliesse, während ein dritter Arbeiter mit dem Tafelwischer oder Abwischer *cc*, einem 8 cm breiten, 4 cm dicken, mit einem Lappen überzogenen und an einem hölzernen Stabe befestigten Brett, die Tafel von allem Staube reinigte. Sobald die Glasmasse sich über die Breite der Tafel ausgebreitet hatte, bewegten zwei Arbeiter, während der Wischer und die Vorhalteeisen vorausging, auf den Leisten hin die Walze über die Tafel bis zum andern Ende der Giessplatte, wodurch sich die von derselben fortgeschobene und niedergedrückte Masse zu einer Tafel ausstreckte, während das überflüssige Glas am Ende der Giesstafel in einen untergesetzten, mit Wasser gefüllten Trog abfloss. Nachdem die Walze ihren Lauf vollendet hatte, ruhte sie auf dem Bock *V*, oder besser, auf einer Verlängerung der beiden Seitenbalken des Gestells mit halbkreisförmigem Ausschnitt.

Der leere noch glühende Hafen wurde nach dem Ausgiessen mittels des Krahns sogleich wieder auf den Giesshafenwagen gebracht, von der Zange befreit und in den Ofen zurückgeführt, aus dem er nach kurzer Zeit auf die oben beschriebene Weise wieder herausgezogen und von

dem noch anhängenden Glase gereinigt wurde, um von neuem mit geschmolzenem Glase gefüllt zu werden.

Das über die Leisten getretene, sowie auch das am untern Ende des Tisches durch die Walze abgestreifte Glas wurde abgenommen und der hier entstandene ungleich dicke Rand der noch weichen Glastafel mittels einer Krücke 5 bis 8 cm breit nach oben zu einem Wulst umgebogen, das Schiebeisen, ein rechtwinkelig gebogenes, nach Art eines Rechens an einem hölzernen Stiele befestigtes Stück Eisen von gleicher Breite wie die Giesstafel, an jenen Wulst angesetzt, so dass sein horizontaler Teil unter die Glasplatte, der senkrechte aber wider den Aufbug zu liegen kam, während zwei Arbeiter ein 3 m langes und 7 cm starkes, kantiges Stück Holz, das Vorhalteholz, gegen den innern Rand des Aufbugs anhielten, um ein Aufkippen der Tafel zu verhindern, und nun die Tafel mit einem raschen Hube in den Kühlofen geschoben, dessen Sohle mit Sand bestreut war. Hatte hier die Tafel mittels des Ypsilons oder Richteisens, eines dem Schiebeeisen ähnlichen, jedoch kleineren Eisens von der Form einer Kelle, ihre richtige Lage erhalten, und war der Ofen, falls er für mehrere Tafeln eingerichtet, gefüllt, so wurden die Oeffnungen verstellt und verschmiert, und der Ofen der allmählichen Abkühlung, worüber 8 bis 14 Tage vergingen, überlassen. Die sämtlichen Operationen des Giessens, von dem Augenblicke, in dem der Giesshafen aus dem Ofen gezogen wird, bis zum Einschieben in den Kühlofen, nahmen nicht mehr als etwa 5 Minuten Zeit in Anspruch.

War die Tafel gehörig gekühlt, so wurde sie vorsichtig aus dem Ofen gezogen, der Wulst oder Aufbug an dem einem Ende, sobald er das Mundloch überschritten hatte, abgeschnitten, dann die Tafel in horizontaler Lage vollends aus dem Ofen gebracht, mit der einen langen Kante senkrecht auf einige Lagerhölzer gestellt und mittels drei bis vier Tragebändern, die unter dieser Kante in gleichen Entfernungen verteilt waren, von doppelt so vielen Arbeitern, die sich, um das Schwanken zu verhindern, gegen den obern Teil der Tafel anlehnten, in die Schneidestube getragen. Hier unterlagen die Tafeln einer sorgfältigen Revision, die fehlerhaften Stellen, die sich hierbei fanden, wurden mit einem Kreidestrich bezeichnet, und dann unter Berücksichtigung dieser Fehler die Tafel selbst in möglichst grosse Stücken geschnitten.

Das vorstehend beschriebene Verfahren krankte an mehreren Uebelständen. Der Zeit- und Arbeitsaufwand, welchen das Umfüllen des Glases aus den Schmelz- in die Giesshäfen verursachte, war ein bedeutender, um so mehr, als das Glas, welches beim Umfüllen wieder blasig geworden, in den Giesshäfen eine zweite Läuterung durchmachen musste. Dementsprechend war auch der Brennmaterialverbrauch ein hoher. Zu häufigen Störungen gab auch der Umstand Veranlassung, dass die Operation des Walzens selbst von dem dem Kühlofen zugewendeten Ende der Giesstafel gegen das freie Ende derselben vorgenommen werden musste, damit die Walze auf den Bock sinken könne. Dann wartete man mit dem Abschieben des Glases in den Kühlofen, bis auch jener zuletzt gebildete Wulst gehörig erstarrt war, so setzte man sich der Gefahr aus, den zu sehr erkalteten Spiegel springen zu sehen, und war man

zu eilig damit, so staute das noch weiche Glas sich auf und schob sich zusammen.

Die erstgenannten Mängel beseitigte man in der Folge dadurch, dass man, unterstützt von der besseren Qualität der Schmelzmaterialien, die Giesshäfen beseitigte und die Schmelzhäfen selbst zum Gusse benutzte. Indem man dann ferner zwischen Giesstafelwagen und Kühlofen zwei andere Wagen einschaltete, von welchen der eine die Walze aufnahm, während der andere, nach jener Entfernung, die zwischen Giesstafel und Ofenmund vorhandene Kluft überbrückte, konnte man mit dem Guss an dem dem Ofen entgegengesetzten Ende des Giesstisches beginnen und gewann auf diese Weise einen festeren Stützpunkt für das Schiebeisen an dem nach Beendigung des Gusses bereits mehr erstarrten Tafelanfange. Die Einrichtungen für den Spiegelguss gestalteten sich hiernach für Steinkohlenfeuerung folgendermassen.

Der Ofen ist, wie **Fig. 329, Taf. XXVII,** im Vertikal- und **Fig. 330, Taf. XXVII,** im Horizontalschnitt zeigt, von elliptischer Gestalt und fasst 12 Häfen, deren jeder etwa 1000 kg Glas enthält. Der etwa 0,66 m breite Rost nimmt die ganze Länge des Ofens, etwa 5 m, ein; um denselben werden die Schmelzhäfen oder Kuvetten, auf die Bank regelmässig verteilt, aufgestellt. Zum Einsetzen und Herausnehmen der Häfen dienen 12 Arbeitsöffnungen, deren Schwelle sich mit der Bank in gleicher Höhe befindet und die mit einer grossen Thonplatte (Vorsetzstein) verschlossen werden. In diesen Platten sind kleinere Oeffnungen angebracht, die mit kleinern, mehrere Löcher enthaltenden Platten aus feuerfestem Thon geschlossen werden. Durch diese letztern Oeffnungen erfolgt das Eintragen des Glassatzes in die Häfen mittels an einem langen Stabe befestigter Schaufeln; durch die Oeffnungen in dieser Platte, die während eines Teils der zum Schmelzen nötigen Zeit verschmiert werden, kann man die Temperatur des Ofens beobachten.

Der Rost ist etwa bis zu Zweidrittel seiner Länge frei, während seine Enden beiderseits in ein in der Bank angebrachtes Gewölbe eintreten. Unter demselben befinden sich, wie bei den gewöhnlichen Oefen, die beiden grossen in einem rechten Winkel sich kreuzenden Kanäle, um die zur Verbrennung nötige Luft zu liefern. Um den Ofen herum ist der Fussboden mit Platten von Gussstahl belegt, um eine ebene und für die Handhabung der Kuvette hinreichend feste Unterlage zu bekommen.

Wenn der Ofen im Betriebe ist, steigt die Flamme zur Kappe des Ofens, umspielt die Kuvetten und entweicht durch kleine, in dem Innern der Pfeiler des Ofens angebrachte Essen, um sich in einen grossen zentralen Schornstein *A* von Eisenblech zu begeben; unten hat dieser Schornstein einen Rauchmantel, welcher den ganzen Ofen überdeckt und gleichzeitig die nächste Umgebung des Ofens ventiliert.

Der Ofen befindet sich auf der Mittellinie eines Hüttengebäudes von 30 m Breite; auf jeder Seite desselben und parallel den Längsseiten des Hüttengebäudes sind die Kühlöfen *B* für die Spiegelgläser symmetrisch aufgerichtet.

Jeder Kühlofen hat drei Herde zum Heizen, vorn eine breite Oeffnung zum Einbringen und Herausnehmen der Tafeln, mehrere Oeffnungen,

durch welche man, wenn der Ofen abkühlen soll, allmählich Luft zutreten lässt, und ein Rohr zur Abführung des Rauches in einen mehreren Kühlöfen gemeinschaftlichen Schornstein.

Die Konstruktion der Sohle dieser Oefen erfordert besonders grosse Sorgfalt; die auf allen Seiten gut geglätteten Steine werden auf die hohe Kante gestellt und ruhen in einer Schicht von gesiebtem und getrocknetem Sand von gleichmässigem Korn; man wendet keinen Mörtel an, damit sich alle Teile der Sohle frei ausdehnen können; die Sohle dieser Oefen, die vollkommen eben sein muss, wird mittels eines langen Richtscheits und einer Setzwage von dem Kühlofenpfleger vor jeder neuen Chargierung auf ihre Beschaffenheit untersucht.

Der Krahn steht jetzt zwischen dem Giesstische und dem Ofen; er kann längs der Kühlöfenfront verschoben werden und macht in dieser Anordnung den Hafenwagen entbehrlich. Die Häfen werden daher beim Gusse aus dem Ofen gehoben und auf die oben erwähnten Gussplatten abgestellt, dann wird die Hafenschlinge umgelegt, der Hafen wird angehoben, gereinigt und über die Giesstafel geführt. *G* ist der Brückenwagen, welcher Giesstafel und Kühlofensohle verbindet. Vor Beginn des Gusses steht an seiner Stelle ein andrer Wagen, welcher eine Welle mit zwei Kettenrollen trägt, die ihrerseits durch Kurbeln in Umdrehung versetzt werden können. Ueber diese Rollen sind Ketten geführt, welche an der Achse der Walze angreifen, so dass beim Guss durch Drehung jener Kurbeln die Walze über die Giesstafel gezogen werden kann. Hat die Walze die Giesstafel passiert, so führt ein fortgesetzter Zug der Kurbeln sie auf den Kurbelwagen selbst und auf diesem wird sie zur Seite geschoben, um dem Brückenwagen Platz zu machen.

Im allgemeinen ist auch heute noch das Arrangement dasselbe. Selbstversändlich sind aber an die Stelle der Rostöfen Gasöfen und zwar in der Regel Siemenssche Regenerativgasöfen getreten; auch werden die maschinellen Einrichtungen, an deren Vervollkommnung fortwährend gearbeitet wird, hier und da Abänderungen erfahren haben. Als eine solche registrieren wir hier die Anordnung des Brückenwagens und des Kurbelwagens auf zwei Gleisen nebeneinander. Ist dann nach beendetem Guss der Kurbelwagen mit der Walze entfernt, so wird eine bis dahin hochgestellte Klappe des Brückenwagens heruntergelassen, welche dann, mit ihrem freien Ende auf einen entsprechenden Vorsprung des Giesstafelwagens, sich auflegend, die Bahn für die Spiegelplatte vollendet.

Den Guss eines grossen Spiegels beschreibt M. Cochin*) folgendermassen:

„Tritt man zum ersten Male während der Nacht in eine der weiten Hallen von Saint-Gobain, so sind die Oefen geschlossen und nur das dumpfe Brausen eines heftigen aber gefesselten Feuers unterbricht die Stille. Von Zeit zu Zeit öffnet ein Arbeiter ein Schürloch am Ofen, um den Stand der Schmelze zu beobachten; lange bläuliche Flammen erleuchten alsdann das Mauerwerk der Kühlöfen, das geschwärzte Ge-

*) Cochin: sur la manufacture des glaces de Saint-Gobain.

bälk, die massigen Giesstische und die Matratzen, auf denen halbnackte Arbeiter in ruhigem Schlafe liegen.

Plötzlich ertönt eine Glocke; man schlägt Allarm auf den Eisenplatten, welche den Ofen umgeben, die Pfeife des Hallenchefs ertönt, und 30 kräftige Männer erheben sich. Die Arbeit beginnt, schnell und exakt, wie ein Artillerie-Manöver. Mittels mechanischer Vorrichtungen werden die Oefen geöffnet, werden die weissglühenden Häfen erfasst, herausgezogen, emporgehoben; wie Feuerkugeln schweben sie am Gebälk dahin, jetzt stehen sie still, jetzt senken sie sich herab auf den mächtigen Eisentisch, welcher mit seiner Walze vor der offenen Mündung des Kühlofens steht. Ein Signal ertönt, der Hafen neigt sich schnell, die schöne, opalisierende, glänzende, durchsichtige, ölige Flüssigkeit ergiesst sich und breitet sich aus wie geschmeidiges Wachs; da — ein zweites Signal, und die Walze geht über das rotglühende Glas; unbeweglich die Augen gerichtet auf die feurige Masse entfernt ein Mann mit gewandter, beherzter Hand etwa sich zeigende Fehler; dann senkt sich die Walze oder sie wird entfernt und zwanzig mit langen Schaufeln bewaffnete Leute schieben schnell den Spiegel in den Kühlofen, wo er abermals erglüht und dann langsam erkaltet. Man kehrt zurück, man beginnt aufs neue, ohne Unordnung, ohne Lärm, ohne Ruhe. Der Guss dauert ungefähr 2 Stunden. Die Häfen, kaum wieder an ihrem Platze, werden frisch gefüllt, die Oefen werden geschlossen, Finsternis herrscht wieder und man hört nur das ununterbrochene Brausen des Feuers, welches neue Arbeit vorbereitet."

Handelt es sich beim Spiegelguss auch um die Bewältigung grosser Massen, so ist doch die Arbeit selbst eine verhältnismässig einfache zu nennen. Darin mag die Ursache liegen, dass, sind die Apparate auch vielfach umgestaltet und verbessert, das Prinzip doch heute noch dasselbe ist, wie vor 200 Jahren.

Zwar hat es nicht an Vorschlägen gefehlt, welche auch hier durchgreifende Aenderungen einführen wollten, doch sind dieselben über das Stadium des Projekts nicht herausgekommen. Von allen sei daher hier nur eines einzigen, von Flamm*) ausgegangenen gedacht, weil derselbe jedenfalls mit Rücksicht auf die Zeit seiner Entstehung einen genialen und kühnen Erfinder verrät.

Das Flammsche Projekt, welches **Fig. 331, Taf. XXVII,** in einem Längenschnitt vorführt, zeichnet sich vor dem gewöhnlichen Verfahren ganz besonders dadurch aus, dass es nur einen einzigen Hafen — also schon eine Wanne — annimmt, aus welchem das Glas durch eine im Boden befindliche Oeffnung auf den Giesstisch ausfliesst.

Die Schmelzöfen liegen in einer Reihe zwischen den beiden Reihen der Kühlöfen *K*. Jeder derselben ruht auf einem 2 m hohen runden Unterbau, so dass die freie Bewegung der Arbeiter nicht gehindert wird. Auf der Höhe dieses Unterbaues umgibt den Ofen eine Galerie von angemessener Grösse für die Bedienungsmannschaften, zu welcher Treppen hinaufführen. Unter dem Unterbau befindet sich ein feststehender, stets mit Wasser gefüllter und mit einem abnehmbaren Deckel bedeckter Behälter *B*, welcher bestimmt ist, das etwa infolge irgend eines Unfalls

*) Flamm, un chapitre sur la verrerie.

aus dem Hafen sich ergiessende Glas aufzunehmen. Ein im Fussboden des Gebäudes senkrecht unter den Kühlöfen angebrachter und unter der Mitte des Unterbaues durchgehender Schienenweg trägt eine dauerhaft gebaute Schiebebühne, deren oberer Teil genau in das Niveau der Hüttensohle fällt. Dieselbe dient dazu, den Giesstafelwagen bald unter das Stichloch des Hafens, bald zu den an der Front der Kühlöfen hinlaufenden Schienensträngen zu führen. Zu diesem Zweck trägt dieselbe auf ihrer oberen Fläche ein Paar Schienen, die den Zwischenraum zwischen den beiden Schienenwegen nach den Kühlöfen genau ausfüllen.

Unter dem runden Unterbau, etwas seitlich von der Mitte des Hafens und in der Höhe des Giesstisches befindet sich die ihren Platz nicht verlassende, zum Ausbreiten des flüssigen Glases dienende Walze, deren Zapfen in den Wangen eines festen Gestelles laufen; mittels eines Hebels lässt sich die Walze in die Höhe bringen und in dieser Stellung über dem Giesstische erhalten. Die Füsse des Gestelles sind mit einem länglichen Einschnitte versehen, durch welchen ein in dem Boden befestigter Schraubenbolzen geht, so dass man die Walze gegen den Mittelpunkt des Hafens, bald nach rechts, bald nach links etwas verrücken kann, je nachdem die gegossenen Tafeln nach einem Kühlofen der einen oder der andern Reihe dieser Oefen geschafft werden sollen. Das Gestell muss so weit sein, dass der Wagen nebst Zubehör, sowie auch die während des Giessens mit dem Fortrücken des Tisches beschäftigten Arbeiter, bequem zwischen den Wangen desselben durchkommen können.

Um etwaige Aufstauchungen, welche in der Glasmasse auftreten möchten, nachdem diese die Walze passiert hat, zu beseitigen, ordnet Flamm eine zweite Walze hinter der ersteren an, welche gleichsam als Korrektor der Glastafel, unmittelbar nachdem diese unter der ersten Walze durchgegangen ist, dient. Zu diesem Zweck sind an jeder Wange des Gestells zwei Arme mit gabelförmigen Ausschnitten angebracht, welche die Korrektorwalze bald zur Rechten, bald zur Linken der Hauptwalze, je nachdem es das Giessen erfordert, tragen können.

Beim Beginn eines Gusses führt man den Wagen, wie die Figur zeigt, unter das Stichloch des Hafens, öffnet dieses und bewegt nun, während das Glas aus dem Hafen abfliesst, allmählich den Tisch unter letzterem hindurch. Um eine zu rasche Abkühlung der Glastafel zu verhindern, empfiehlt Flamm dieselbe in dem Masse, wie sie entsteht, mit trocknen Brettern zu bedecken. Sobald der Tisch den ihm vorgeschriebenen Weg zurückgelegt hat, unterbricht man den Zufluss von Glas und hebt die Walzen empor, um jenen in der entgegengesetzten Richtung in der Weise zurückzuführen, dass der zuletzt gegossene Teil der Glastafel vor dem Eingange des Kühlofens anlangt.

Flamm vindizierte seinem Projekte mehrere Vorteile. Da der Abfluss des Glases durch den Boden des Hafens allmählich in Schichten von gleichem spezifischen Gewicht, in der Reihenfolge wie sie übereinander liegen, vor sich gehe, so werde die nach dieser Methode gegossene Tafel in allen ihren Teilen unendlich homogener und durchsichtiger sein, als wenn sie nach dem jetzt üblichen Verfahren dargestellt worden wäre; auch werde infolge der ringförmigen Vertiefung der Bodenperi-

pherie, welche alle im Hafen sich absetzenden Steine u. s. w. aufnehme, ein reineres Glas garantiert.

Ein weiterer Vorteil bestehe darin, dass der Ofen während des Giessens in keiner Weise eine Abkühlung erleide, denn derselbe bleibe geschlossen, und man könne jede beliebige Temperatur unterhalten, ohne dadurch in der Fortsetzung dieser wichtigen Operation behindert zu werden. Man sei daher auch nicht genötigt sich damit zu übereilen, denn das Glas behalte für alle Spiegeltafeln dieselbe Konsistenz.

Flamm schlug ferner vor, statt des massiven Giesstisches einen hohlen Kasten von Gusseisen anzuwenden, dessen Oberfläche, ähnlich einem sehr grossen Roste, durchbrochen ist; in jede dieser unter sich parallelen Spaltöffnungen legt man ein Stück grünes Birnenholz, dessen Fasern zum Tische senkrecht stehen. Diese Stücke gleichen nebeneinander liegenden Zähnen eines Getriebes, doch muss deren oberer Teil, der breiter ist als der Schlitz, das Gusseisen des Tisches verdecken, so dass ein völlig ebener Boden entsteht.

Die beiden Walzen sind ebenfalls hohl, mit grünem Holz umgeben und gut abgedreht. Füllt man nun den Tisch und die Walzen mit Wasser, welches sich aus einem höher gestellten Gefässe fortwährend erneuert und, weil es von oben kommt, einen gewissen Druck ausübt, so schwizt es beständig durch die Fibern des Holzes und verhindert so eine zu rasche Verkohlung desselben.

Einige Augenblicke vor Beginn des Giessens einer Tafel schliesst man den Hahn des Wasserbehälters und zieht soviel Wasser aus dem hohlen Tische ab, dass das Holz nicht mehr ins Wasser eintaucht. Die auf der oberen Fläche vorhandene Feuchtigkeit wird von dem darüber ausgegossenen Glase schnell in Dampf verwandelt. Nachdem man die Glastafel in den Kühlofen gebracht hat, muss man daher, ehe man zum Giessen einer neuen Tafel schreitet, den Tisch wieder nass machen. Während dieser Operation bleibt die Streckwalze mit Wasser gefüllt, die andere jedoch leer.

Zur Konstruktion des Ofens selbst sei noch hinzugefügt, dass derselbe für regenerative Gasfeuerung eingerichtet ist. *R* ist das Gaseinströmungsrohr mit Regulierungsventil, während der über der Kappe befindliche Aufsatz *A* vier Regeneratoren enthält, von ähnlicher Konstruktion, wie wir sie bereits in **Fig. 108** vorgeführt haben. Im vorliegenden Falle sind diese Regeneratoren selbstverständlich nicht, wie dort, horizontal, sondern vertikal angeordnet. *E* endlich ist eine Eingebeöffnung für das Gemenge, *S* der Schornstein mit darunter liegendem Distributeur nach dem in **Fig. 109** und **110, Taf. XII,** gegebenen Model. —

Es mag überflüssig erscheinen, hinzuzufügen, dass das Produkt der Giessereien heute weit mehr zur Fensterverglasung Verwendung findet, als zur Spiegelfabrikation, da die Herstellungsweise hierdurch nicht modifiziert wird. Wohl aber sei hier noch jenes schwächern, etwa 3 bis 5 mm starken Tafelglases Erwähnung gethan, welches auf einer Seite glatt, auf der andern mit erhabenen, parallelen Streifen (Schnuren) oder verschiedenartigen Mustern und Verzierungen versehen ist. Diese Tafeln werden durch Ausgiessen des flüssigen Glases mittels grosser

Schöpfkellen auf gusseiserne Platten, denen die verlangten Dessins eingraviert sind, und nachfolgendes Ueberfahren mit einer glatten Walze, welche das weiche Glas in die Vertiefungen einpresst, erzeugt. Das Kühlen dieser Tafeln kann in gewöhnlichen Tafelglaskühlöfen geschehen.

c) Das Schleifen der Spiegel.

Aus dem Beschneidezimmer kommen die gekühlten Spiegeltafeln in die Schleiferei, wo sie einer dreifachen Bearbeitung, nämlich:

1) dem Rauhschleifen,
2) dem Klarschleifen und
3) dem Polieren

unterworfen werden.

Die Schleiferei besteht aus einem geräumigen, wo möglich mit einer Wasserleitung versehenen Lokale, an dessen vier Wänden, und zwar etwa 1 m davon entfernt, die Schleiftische so aufgestellt sind, dass jeder derselben vor einem Fenster zu stehen kommt.

Das Rauhschleifen hat den Zweck, durch Wegnahme der überflüssigen Substanz eine vollkommene Ebene herzustellen; gegenwärtig wird es fast ausschliesslich durch Maschinen bewirkt, während es früher Handarbeit war, die jetzt nur noch bei kleinen Spiegeln oder in kleinern Etablissements gebräuchlich ist. Als Schleifmaterial benutzt man hauptsächlich scharfkörnigen Sand, oder noch lieber gemahlenen Quarz, den einen wie den andern von verschiedenen Graden der Feinheit, wobei man das Schleifen mit der gröbsten Art beginnt und mit der feinsten oder auch mit nach ihrer Feinheit verschiedenen Sorten Schmirgels beendigt.

Durch das Fein- oder Klarschleifen sollen die von dem Rauhschleifen entstandenen Rauhigkeiten weggenommen werden; es geschieht grösstenteils durch Handarbeit und erst in der neueren Zeit hat man diese auch hier durch Maschinenthätigkeit ersetzt; da beim Feinschleifen bereits eine vollkommene Ebene vorliegt, so bedarf man auch weniger energische Mittel und bedient sich daher feinkörnigerer Schleifmittel. Sowohl beim Rauh- wie beim Feinschleifen werden letztere mit Wasser zu einem dickeren oder dünnern Brei angerührt.

Durch das Polieren soll der durch das Schleifen matt gewordenen Oberfläche der Glanz wieder gegeben werden, wozu man sich unter Anwendung von Maschinen feingeschlämmten Eisenrots oder Kolkothars, des Tripels und auch des Zinnoxyds (Zinnasche) bedient.

Beim Rauh- wie Klarschleifen wendet man zwei Platten an, von denen die sogenannte Bodenplatte oder das Bodenglas drei- bis viermal grösser ist als die andere, das Oberglas. Dem eigentlichen Schleifen geht das Eingipsen der beiden Platten voraus, wobei zunächst die Bodenplatte in vollkommen horizontaler Lage mit Gips auf die Schleifbank oder den Schleiftisch, ein steinernes, etwa 63 cm über den Boden erhöhtes Fundament festgekittet wird. Zu diesem Zwecke wird die zu schleifende Glasplatte auf den Schleiftisch gehoben, hier einstweilen der Länge nach auf drei schmale, nach der Länge

des Schleiftisches an dessen Rande gelegte Filzstreifen aufgestellt und in dieser Stellung festgehalten, und zwar so, dass beim Niederlegen die rauhe Seite des Bodenglases, d. h. die, welche auf der mit Sand bestreuten Sohle des Kühlofens auflag, auf den Gips zu liegen kommt. Hierauf wird eine Portion Gips auf die Schleifbank gesiebt, mit Wasser ein Brei damit gebildet und dieser gleichmässig auf der ganzen Steinplatte ausgebreitet. Nun wird das Bodenstück vorsichtig darauf niedergelegt und, nachdem der Filzstreifen hervorgezogen, so lange hin und her geschoben, bis alle Luftblasen entwichen sind. Es kommt hierbei besonders darauf an, dass der Gips die richtige Konsistenz habe; ist der Brei zu dick, so erhärtet er schon, noch ehe das Glas gehörig aufgerieben ist, und man muss alsdann, um alle Luftblasen zu entfernen, beim Reiben einen stärkern Druck anwenden, wodurch die horizontale Lage der Glastafel leicht gestört wird und ein ungleich dicker Schliff entsteht; auch erhalten die Tafeln eine zu starke Spannung, lösen sich beim Schleifen leicht ab oder springen, wenn sie sich nicht ablösen können. Ist dagegen der Gipsbrei zu dünn, so lässt er gleich anfangs beim Schleifen nach, dass man bald umgipsen muss; das Umgipsen aber wirkt, besonders wenn schon einige Zeit mit den Tafeln geschliffen worden ist, sehr nachteilig auf den ebenen Schliff und darf gegen das Ende des Schleifens niemals vorgenommen werden, weil die Tafeln bei jedem neuen Aufgipsen eine andere Lage erhalten und in eine andere Ebene zu liegen kommen, wodurch ebenfalls eine ungleiche Dicke der Tafel entsteht. Eine bestimmte Anleitung, wieviel Wasser man auf ein gewisses Gewicht Gips zu nehmen, um eine taugliche Konsistenz zu erzielen, lässt sich wegen der wechselnden Beschaffenheit des Gipses nicht erteilen; doch kann es nicht schwierig sein, durch Versuche die passendsten Verhältnisse zu ermitteln. Sobald das Aufgipsen vollendet und die Bodenplatte mit einem Rahmen von Gips umgeben worden ist, so wird dieselbe, wie auch der frei gebliebene Teil des Schleiftisches mit dem Breitmesser, eine Art Spatel aus einem 8 cm breiten und 10 cm langen, unten zugeschärften, in einem hölzernen Stiele sitzenden Eisen, rein abgeputzt.

In derselben Weise erfolgt das Aufgipsen der Oberplatte auf den etwa nur den dritten Teil soviel Oberfläche als die Spiegeltafel darbietenden Boden eines hölzernen, oben offenen Kastens, des Schleifkastens, der nach Bedürfnis oder Belieben mit beweglichen eisernen Gewichten beschwert werden kann.

Die Verteilung der Gewichte im Schleifkasten muss eine gleichmässige sein, da hiervon auch die gleichmässige Wirkung des Obersteins, also der Erfolg des Rauhschleifens abhängt. Durch Verlegung der Gewichte wird es möglich, den Schwerpunkt des Ganzen leicht und in jedem Augenblick zu verrücken und dorthin zu bringen, wo grössere Unebenheiten der Oberplatte ein schärferes Anschleifen derselben nötig erscheinen lassen. Die richtige Verteilung der Gewichte bildet also gewissermassen den Regulator, vermöge dessen die Intelligenz des Arbeiters die starre Maschinenarbeit zu beeinflussen vermag.

Das Rauhschleifen geschieht, wie bereits angeführt, fast nur noch mittels Maschinen; da jedoch noch hier und da kleinere Fabriken

diese Operation durch Handarbeit verrichten lassen, so geben wir im folgenden eine kurze Beschreibung dieses Verfahrens.

In **Fig. 332, Taf. XXVIII,** dem Längendurchschnitt eines Schleiftisches, ist *A* eine in dem Fussboden bis zu einer Tiefe von 0,5 m ausgehobene Grube, in welcher zwei Mauern *BB* von 33 cm Stärke und so lang, wie der Schleiftisch breit ist, aufgeführt sind. Auf ihnen steht der 26 cm hohe gut ausgepichte Wasserkasten, auf welchem auf zwei 24 cm hohen Hölzern *bb* eine auf der oberen Fläche eben geschliffene 8 cm dicke Steinplatte *e* aufliegt; rings um den Wasserkasten ist in einer Entfernung von 4 cm von demselben ein hölzerner Rahmen *d* angebracht, um den Arbeiter gegen die Nässe zu schützen und den Schleiftisch rein zu halten; der Wasserkasten *a* umgibt in einer Breite von 15 cm die Steinplatte auf allen vier Seiten und tritt 24 cm über die Grube *A* hinaus; die ganze Höhe des Schleiftisches über dem Fussboden beträgt 0,8 m. Da wo der Schleifer seinen Platz hat, ist der Boden gedielt oder doch mit einer starken hölzernen Bohle belegt.

Nach dem Aufgipsen der beiderseitigen Tafeln beginnt das Rauhschleifen mit Sand, wobei man sechs Sorten von verschiedener Feinheit anwendet. Der Schleifkasten, **Fig. 333, Taf. XXVIII,** besteht aus dem 0,50 m im Quadrat haltenden und 26 cm hohen, unten mit einem ebenen Boden und den vier Handhaben $d\,d'\,d''\,d'''$ versehenen Holzkasten *a*; *b* ist der Oberstein und *c* das an diesen aufgegipste Oberglas. Nun bringt der Schleifer von dem gröbsten Sande auf die höchste Stelle des Bodenglases, breitet ihn etwas aus, setzt Wasser hinzu, erfasst die Handhabe *d* und d'', schiebt mit der Linken in der Richtung von *d* nach d' und mit der Rechten in der von d'' nach d'''; hierdurch gerät der Schleifkasten in eine drehende Bewegung, die der Schleifer so lange zu unterhalten sich bemüht, bis der Schleifsand zerrieben ist. Der Schleifkasten wird dann zur Seite geschoben, frischer nasser Sand aufgeschüttet und das Schleifen wieder fortgesetzt, bis die höchste Stelle des Oberglases abgeschliffen ist, worauf dieses abgenommen und durch ein anderes ersetzt wird. Nachdem so das Schleifen einige Zeit fortgesetzt worden ist, ermittelt man die verschiedenen in derselben Horizontalebene liegenden hohen Stellen, bestreut auch diese mit Sand und setzt die Arbeit wie oben fort. Auf diese Weise werden immer wieder neue Stellen angegriffen, bis endlich die ganze Oberfläche des Bodenglases überschliffen ist. Nachdem auch sämtliche Obergläser überschliffen sind, fängt man mit dem ersten derselben wieder an und setzt das Schleifen so lange fort, bis endlich die ganze Oberfläche der Spiegeltafel vollkommen eben erscheint. Der so erhaltene rauhe Schliff wird durch Anwendung der verschiedenen Sorten Sand und zuletzt von zwei Sorten Schmirgel zum Polieren fertig gemacht. Vor jedem Auftragen einer neuen Art Sand müssen die Platten von der vorhergehenden Sorte Sand sorgfältig gereinigt werden; hierbei wird jedes Oberglas mit jeder Sandgattung zwanzigmal versorgt, was man das A u f s e t z e n nennt. In dem Schleifkasten wird das Gewicht allmählich so vermehrt, dass es bei dem feinsten Sande 50 kg erreicht. Bevor der Schmirgel zur Anwendung kommt, werden die Platten neu aufgegipst, wieder mit einem Gipsrahmen umgeben und der Schleifkasten mit 60 kg belastet; mit

dem groben Schmirgel wird für jedes Oberglas die Platte zwölfmal, mit der feinen Sorte zwanzigmal überstrichen. Die in dieser Weise fertig geschliffenen Gläser werden nun abgehoben, auf die andere Seite gelegt und auf der obern Fläche ebenso wie vorstehend geschliffen.

Das Abnehmen, Abstechen, der Glastafeln vom Gips geschieht in folgender Weise. Man sticht mit dem Spitzmesser, einem zum Beschneiden von Büchern ähnlichen Messer, auf der Längsseite des Spiegelglases zwischen dieses und den Gips etwa 5 cm tief, schiebt einen wie das Spitzmesser gestalteten, etwa 45 cm langen Holzspan, neben jenem ein, zieht das Spitzmesser heraus und wiederholt diese Operationen an zwölf verschiedenen Stellen. Nach und nach treibt man den hölzernen Keil jedesmal um 5 cm tiefer ein, wodurch sich die Glastafel hebt. Indem man es auf der anderen Längsseite der Spiegeltafel ebenso macht, löst sich diese vom Gips vollständig ab. Das Schleifen der zweiten Fläche erfolgt nun in derselben Weise wie das der ersten, nur fängt man, weil das Glas schon dünner geworden und auch nicht mehr so uneben ist als die erste Seite mit einer um eine Nummer feinern Sorte Sand an. — Im allgemeinen rechnet man, dass ein Handschleifer 125 qcm in der Stunde rauhschleift.

Die in England zum Rauhschleifen noch heute am meisten angewendete Maschine ist gleichzeitig eine der ältesten. Angeblich eine Erfindung von James Watt, ist sie unter dem Namen Fliegrahmenmaschine bekannt und in **Fig. 334, Taf. XXVIII**, abgebildet. Sie besteht aus zwei etwa 4 m voneinander entfernt stehenden steinernen Kästen *AA*, den Schleifbänken, in welche die zu schleifenden Glastafeln mit Gips eingekittet werden und auf deren jeder sich ein, gleichfalls einen eingekitteten Spiegel tragender, kleinerer Oberstein *BB* bewegt. Dieser ist ein etwa 2,5 m langer und 1,4 m breiter hölzerner Rahmen oder Kasten, welcher unten mit etwa 10 cm breiten und 6 bis 7 mm dicken Eisenplatten bekleidet und an einer oberen Seite mit einem starken schmiedeeisernen Knopfe versehen ist, mittels welchem er auf der Glasplatte umhergeführt wird. Das Triebwerk für diese beiden Obersteine liegt zwischen den beiden Schleifbänken und besteht aus dem quadratisch geformten gusseisernen Rahmen *C*, mit welchem an entgegengesetzten Seiten je zwei flache Stangen *DD* in der Weise mittels Gelenken verbunden sind, dass sich dieselben zwar nach oben und unten, aber nicht seitlich verschieben können. Diese Stangen, welche an ihren freien Enden sowohl, wie auch an mehreren andern Stellen durch Querstege *qq* zusammengehalten werden, sind eben an jenen Enden, von Ketten, welche von den Dachbalken herabhängen in einer Weise getragen, dass sie sich frei nach jeder Richtung hin bewegen können; von dieser ihr eigentümlichen Einrichtung hat die Vorrichtung die Bezeichnung Fliegrahmen erhalten. Beide Obersteine sind mit jenen Stangen mittels des erwähnten schmiedeeisernen Knopfes verbunden, welcher sich zwischen ihnen lose bewegen kann. Der Fliegrahmen erhält seine Bewegung von der stehenden Welle *E*, welche durch zwei zum Aus- und Einrücken mit einer Friktionskuppelung versehene Winkelräder von der Hauptwelle aus getrieben wird. Am obern Ende der Welle ist ein schmiedeeiserner Arm oder eine Kurbel mit einem beweglichen Knopfe oder einer Warze *e* angebracht, welche

sich in einer im Zentrum des Fliegrahmens befindlichen Hülse bewegt. Durch vier andere Kurbeln *r r* . ., welche einerseits in den Ecken des Fliegrahmens angreifen, anderseits ihren festen Drehpunkt auf der Platte *F* finden, wird nun die Bewegung des von der Warze *e* im Kreise herumgeführten Fliegrahmens so modifiziert, dass seine Seiten immer parallel ihrer ursprünglichen Stellung erhalten werden. Da die beiden Obersteine *B B* vermittelst ihrer Knöpfe mit den Armen *D D* des Fliegrahmens verbunden sind, so wird auch ihnen diese kreisförmige Bewegung mitgeteilt; gleichzeitig können sie sich aber auch frei um ihren eigenen Mittelpunkt drehen, was sie je nach der zwischen beiden rauhschleifenden Flächen stattfindenden stärkern oder schwächern Reibung in grösserem oder geringerem Grade thun. Bei dieser schleifenden Bewegung wird ununterbrochen Sand und Wasser angewendet, bis sich die Oberfläche der Spiegelplatte bei genauer Untersuchung als ganz fehlerfrei erweist. Dann wird von der Glastafel der Sand abgewaschen und dieselbe auf der andern Seite rauhgeschliffen.

Eine im Jahre 1856 W. E. Newton patentierte Maschine, die auch zum Polieren angewendet werden kann, unterscheidet sich von andern wesentlich dadurch, dass beide Platten in Rotation versetzt werden, wodurch die Arbeit bedeutend erleichtert und in einer weit kürzern Zeit vollendet wird. **Fig. 335, Taf. XXVIII,** stellt eine solche zum Schleifen und Polieren grösster Glastafeln bestimmte Maschine im Grundriss dar, während **Fig. 336, Taf. XXVIII,** das Gestell zum Festhalten der Glastafel zeigt. *A* ist die kreisrunde horizontale Polierscheibe, deren vertikale Welle unten in einer Pfanne läuft, oben aber an einem Quergestell gelagert ist. Das obere Ende der Welle ragt nicht über die Scheibe hinaus, so dass die zu schleifende Tafel über deren Zentrum bewegt werden kann. Das Gestell zum Festhalten des Glases besteht aus einer metallenen oder hölzernen Platte, die an ihrer untern Seite ringsum mit einer Leiste versehen ist, in welche die Glastafel eingegipst wird. Aus der Mitte des Gestelles *E* ragt eine senkrechte Spindel *d* hervor, welche durch die geschlitzten Arme des über der Schleifscheibe angeordneten Rahmwerks *F* gesteckt und hier mittels einer Mutter so befestigt wird, wie es der momentane Stand der Arbeit erfordert.

Je grösser nämlich der Abstand der Spindel *d* von dem Mittelpunkte der Polierscheibe ist, desto kräftiger ist auch wegen der nach der Peripherie zunehmenden Geschwindigkeit die schleifende oder polierende Wirkung. Die Scheibe erhält mittels Winkelräder ihre rotierende Bewegung. Nachdem das Schleifmittel über der Scheibe gehörig verteilt worden ist, lässt man mittels einer Rinne Wasser über die Mitte der Tafel träufeln. Wird nun die Scheibe in Rotation versetzt, so beginnt auch sofort die im Gestell *E* befestigte Glastafel von selbst in der nämlichen Richtung wie die Scheibe zu rotieren, weil die Reibung an den vom Mittelpunkte der Bewegung entfernten Stellen der Glastafel grösser ist als an den demselben nahe liegenden.

Die gleichmässige Verteilung neu aufgesetzten Schleifmaterials erfolgt nach wenigen Umdrehungen selbstthätig.

Das Klarschleifen, durch welches der beim Schleifen mit dem Sande rauh gewordenen Tafel eine glattere Oberfläche erteilt werden soll, geschah gleichfalls bis vor kurzer Zeit zum wesentlichsten Teile

durch Handarbeit, die gewöhnlich durch Frauen verrichtet wurde. Gegen Ende der Arbeit ist grosse Sorgfalt nötig, damit keine Kritzeln entstehen, und deshalb wurde zur Vollendung dieser Operation Menschenarbeit für durchaus notwendig gehalten, indem eine geübte Hand den geringsten Ritz, die kleinste Schramme sofort fühlt, während bei Anwendung einer Maschine ein etwas zu grosses Korn die ganze Fläche verderben würde, bevor man im stande wäre es wahrzunehmen. Aus demselben Grunde erfordert auch die Zubereitung des zum Schleifen nötigen Schmirgels eine grössere Sorgfalt. Man gibt dem Schmirgel von Naxos, der in faustgrossen Stücken im Handel vorkommt, den Vorzug; zuerst entfernt man durch Sortieren die ihn begleitende Gangart und reinigt ihn alsdann durch Waschen mit Wasser von dem anhängenden Thon etc.; hierauf wird er gemahlen und gesiebt, und das durch das Sieb gegangene Pulver einem Schlämmprozesse unterworfen. Zu diesem Zwecke werden 8 bis 10 Stück hölzerne Bottiche etagenartig übereinander aufgestellt; der oberste, welcher grösser ist als die übrigen, empfängt das grobe Schmirgelpulver, welches mit der erforderlichen Menge Wasser tüchtig durcheinander gerührt und aufgeschwemmt wird, worauf man nach einigen Sekunden einen in dem grossen Bottiche befindlichen Zapfen zieht, um das trübe Gemenge in den zweiten abfliessen zu lassen; hier macht man es in Beziehung zum dritten Bottiche ebenso, d. h. man lässt die Flüssigkeit, nachdem sie einige Sekunden in dem zweiten Bottich verweilt und die gröberen Teile fallen gelassen hat, in den dritten überfliessen und so fort bis zum letzten. Auf diese Weise erhält man 7 bis 9 Nummern Schmirgel von verschiedener Feinheit des Korns; der Inhalt von jedem Bottich wird für sich herausgenommen, in Brode geformt, getrocknet, mit seiner Nummer bezeichnet und sorgfältig gegen Schmutz und Staub geschützt zum Gebrauch aufbewahrt.

Zur Abschlämmung grösserer Schmirgelmengen war früher auf der Glasfabrik von St. Helens nachstehend beschriebener Apparat in Gebrauch.

Es sind eine Anzahl Gefässe, die allmählich immer grösser werden, in Verbindung miteinander aufgestellt. Sind dieselben nun mit Wasser gefüllt und wird dann ein Wasserstrom von gleichbleibender Stärke zuerst in das kleinste Gefäss geleitet, aus dem er in das nächste grössere Gefäss übergeht u. s. f., so wird sich seine Geschwindigkeit in den verschiedenen Gefässen umgekehrt wie die Grösse derselben verhalten. Wirft man nunmehr den feingepulverten Schmirgel in den Wasserstrom, so führt dieser die schwersten, gröbsten Teilchen nur in das erste Gefäss, während die feineren, leichtern Teilchen weiter fortgeführt werden und die feinsten sich erst absetzen, wenn die Geschwindigkeit des Wasserstroms in dem letzten, weitesten Gefässe auf ein Minimum herabgekommen ist*).

Um auch hier die Handarbeit zu ersetzen, führte im Jahre 1857 Crossley in England eine Maschine zum Klarschleifen ein, welche allen Ansprüchen soweit genügt, dass die Behutsamkeit der menschlichen Hand nur für den letzten Teil der Operation erforderlich ist.

---

*) Dingler 174. 465.

Diese Klarschleifmaschine, von welcher **Fig. 337, Taf. XXVIII**, eine Abbildung gibt, ist höchst einfach und lässt sich sehr billig herstellen. Sie besteht zunächst aus einem langen Holzbalken oder Baum *C*, der an einem Ende mit einer in einer stehenden Welle sitzenden Kurbel *E* verbunden ist und sich über die steinerne Schleifbank *A* erstreckt, welche letztere die zu schleifende Spiegelplatte aufnimmt. An diesem Balken sind die beiden Obersteine *B B* befestigt, auf deren Unterseite die Oberplatten angekittet sind. Bei dieser Einrichtung können die Obersteine nur der ihnen vom Balken *C* mitgeteilten Bewegung folgen und nicht zugleich auch frei, wie dies beim Rauhschleifen der Fall ist, um ihren Mittelpunkt sich drehen. Der Mittelpunkt des Baumes *C* zwischen beiden Obersteinen wird mittels einer Stange *G*, welche an einer Seite der Schleifbank an einem Pfosten *H* befestigt ist, genötigt, in einem Kreisbogen, dessen Mittelpunkt *H* ist, zu schwingen. Wird die Maschine angelassen, so erhält der Baum mit den beiden Obersteinen eine einer ∞ ähnliche Bewegung, welche der durch Menschenhand hervorgebrachten ähnlich ist. Der zwischen beiden Obersteinen *B B* bleibende Raum gestattet ein leichtes Aufgeben von Schmirgel und eine bequeme Untersuchung des Fortschreitens der Arbeit, ohne dass der Gang der Maschine unterbrochen werden muss, deren Leistung im ganzen eine recht befriedigende ist.

Es würde, wie man sieht, grosse Vorteile gewähren, wenn man die Operation des Rauh- und des Klarschleifens auf einer und derselben Maschine vornehmen könnte; man würde dadurch nicht allein der Notwendigkeit überhoben sein, behufs des Klarschleifens eine besondere Maschine aufzustellen, es würde auch das Aufheben, Umkehren und Wiederbefestigen der Spiegelplatten vermieden und hierdurch viel an Zeit und Kosten erspart werden.

Diese Vorteile hat man durch die im folgenden zu beschreibende, in den **Fig. 338** und **339, Taf. XXVIII**, abgebildete Rauh- und Klarschleifmaschine zu realisieren gesucht, die indessen nur eine konstruktiver durchgeführte Wiederholung der Newtonschen Maschine ist. Dieselbe besteht aus einem drehbaren Tische *K* von 6 bis 7 m Durchmesser, der auf einer starken gusseisernen stehenden Welle *L* befestigt ist und sich mit einer Geschwindigkeit von durchschnittlich 25 Umdrehungen in der Minute bewegt, indem die Welle durch Vermittelung eines Stirnräderpaares und einer zweiten stehenden Welle *M* von der Hauptwelle *N* aus mittels Winkelrädern und zum Ein- und Ausrücken dienender Friktionskuppelung *O* getrieben wird. Diese Einrichtung wurde deshalb angenommen, um für den Poliertisch eine Welle *L* zu bekommen, deren Länge gleich dem halben Durchmesser des Tisches ist, und, um gleichzeitig die Hauptwelle *N* zur Bewegung einer ganzen Reihe von Poliertischen in einem und demselben Raume benutzen zu können. Etwa 26 cm über der oberen Fläche des Tisches ist ein starker Holzbalken *P* befestigt, an dessen beiden entgegengesetzten Längsseiten, rechts und links vom Mittelpunkte des Tisches, zwei gekerbte gusseiserne Platten *Q Q* befestigt sind, deren Kerben den im Zentrum der Obersteine *B B* angebrachten Knopf aufzunehmen haben. Diese, den bei den älteren Maschinen ganz ähnlichen Obersteine, lassen sich mittels der beschriebenen Vorrichtung leicht nach Erfordernis näher oder weiter von dem

Mittelpunkt des Tisches entfernt stellen, indem der Knopf in eine andere Kerbe eingehängt wird. Die Obersteine können sich nur um ihren eignen Mittelpunkt bewegen und erhalten diese Bewegung durch die grössere, an dem vom Zentrum entfernteren Teile des Tisches vorhandene Geschwindigkeit. Die Leistung dieser Mascuine im Rauhschleifen ist infolge der rascheren Bewegung der Obersteine BB, und weil überdies auch der Tisch K bewegt wird, offenbar weit grösser als die der ältern. Die von selbst erfolgende Bewegung der Obersteine passt sich der zu leistenden Arbeit weit besser an, als dies durch einen andern Antrieb geschehen würde. Diese Einrichtung hat auch den Vorteil, dass die Oberfläche frei bleibt und nicht durch Maschinenteile verdeckt wird; sie erleichtert demnach das Einlegen, Umkehren und Wegnehmen der Spiegelplatten, und endlich ist auch der ganze Bewegungsmechanismus bedeckt und somit vor der nachteiligen Wirkung des von der in der Arbeit befindlichen Platte abfliessenden nassen Sandes geschützt.

Die Abnutzung bei dieser Maschine stellt sich im Vergleich zu den älteren Maschinen, infolge der geringeren Anzahl der arbeitenden Teile, der grossen Ausdehnung der Tragfläche, der sanften Bewegung und des vollkommenen Gleichgewichtszustandes des Tisches als sehr gering heraus. Eine jede solche Maschine schleift wöchentlich 120 bis 150 qm Glas auf beiden Seiten fertig, etwa ein Dritteil mehr als die ältern Maschinen bei gleich grosser schleifender Fläche zu liefern im stande waren.

Das Polieren. Bevor die geschliffenen Glasplatten zum Polieren kommen, werden sie mit geraden Schnittflächen und rechten Winkeln versehen, wobei von allen vier Seiten etwas weggeschliffen wird, was man den feinen Schnitt nennt. Da die scharfen Kanten, die die Glastafeln durch dieses Beschneiden erhalten, beim Polieren leicht Sprünge (Einläufe) verursachen und auch den Polierfilz stark abnutzen, so werden sie (die Kanten) vor dem eigentlichen Polieren abgeschliffen, d. h. man rundet die Gläser ab.

Das Abrunden kleiner Gläser geschieht dadurch, dass man die scharfen Kanten auf einer eigens für diesen Zweck auf eine Steinplatte entweder bloss aufgelegten oder aufgegipsten, dickeren, geschliffenen oder ungeschliffenen, fehlerhaften Glasplatte mit feinem Sande abreibt; bei den grossen Gläsern dadurch, dass man sie auf den mit Tuch überzogenen Schneidetisch legt und die scharfen Kanten mit einem 8 cm breiten und 30 cm langen geschliffenen Glasstreifen mittels grobem Schmirgel (sogenanntem Scheibenschmirgel) abschleift. Nach dem Abrunden wird die geschliffene Glastafel auf dem Poliertische, einer oben eben geschliffenen Steinplatte, aufgekittet. Die erste Arbeit des Polierens ist eigentlich nur eine Fortsetzung des Schleifens und besteht darin, dem durch das Schleifen erzeugten Schliff die für die Politur erforderliche Feinheit zu geben. Diese Operation, zu welcher man fünf Sorten Schmirgel von verschiedener Feinheit verwendet, heisst das Savonnieren im Gegensatze zu dem Klarschleifen oder Doucieren, wofür fälschlich oft Dossieren in Gebrauch ist.

Zahlreiche andere Konstruktionen sind den genannten in neuerer Zeit zugesellt worden, ohne dass die eine oder die andere wesentliche Aenderungen des Prinzips selbst gebracht hätte. Selbstverständlich sind

alle für den Betrieb mittels Elementarkraft eingerichtet, alle zeigen den als Unterstein dienenden Tisch nebst Obersteinen, mag der erstere feststehen und die letzteren auf seiner Oberfläche kreisen lassen, mag jener sich bewegen, während die letzteren nur in ihren Zapfen, von der Reibung mitgenommen sich drehen, mögen endlich Tisch und Oberplatten gleichlaufende oder entgegengesetzte Bahnen beschreiben, mag Holz, Schmiedeeisen, Gusseisen oder Stahl zur Herstellung dieser oder jener Teile verwendet sein: die Arbeit selbst ist dieselbe, wie sie oben beschrieben wurde und nur die Leistungsfähigkeit der Apparate selbst ist bis auf 1500 bis 1700 qm Rohschliff pro Monat gesteigert worden.

Das Polieren der Spiegel ist wohl zuerst durch Maschinen besorgt worden und finden wir noch heute, namentlich in Bayern und Böhmen dieselben ungeschlachten Apparate in Gebrauch, welche schon das Ende des vorigen Jahrhunderts gesehen.

Von einem oder mehreren Wasserrädern werden dann gewöhnlich im Erdgeschoss einer solchen altehrwürdigen Spiegelschleiferei grosse Kurbelräder in Bewegung gesetzt, deren Bleuelstangen senkrecht herabhängende lange Balken in schwingende Bewegung setzen, die, ihrerseits in das obere Stockwerk hinaufreichend, die dort aufgestellten schwerfälligen Gatter mitnehmen. An diese letzteren sind dann mittels eiserner, um Scharniere drehbarer, Stangen die Polierplatten angehängt, etwa 6 auf jeder Seite des Gatters, und es gleiten dieselben demnach beim Gange der Maschine über die auf den Poliertischen aufgegipsten Spiegelplatten geradlinig hin und her. Mangelhaft in der Ausführung, an der gewöhnlich nur Grobschmied und Zimmermann beteiligt waren, unvorteilhaft durch ungeheure Rauminanspruchnahme, sind diese Maschinen infolge ihres klapperigen Ganges wahre Zerstörer der Gebäude, von denen sie umschlossen werden.

Die bereits beschriebene C r o s s l e y sche Maschine war dann eine der ersten, welche namentlich in England an die Stelle der alten Apparate trat, während in Frankreich die in **Fig. 340, Taf. XXVIII**, abgebildete Maschine sich allmählich Bahn brach. Bei derselben wird die Spiegeltafel in der gewöhnlichen Weise auf den beweglichen Tisch *I*, der eine Rück- und Vorwärtsbewegung hat, aufgegipst; auf demselben ruhen die mit eigens zubereitetem dicken Filze umgebenen Brettchen (P o l i e r b l e c h e) *HH*, deren Bewegung zu der des Tisches rechtwinkelig ist. Als Poliermittel benutzt man fein geschlämmtes Eisenrot, welches, mit Wasser angemacht, auf die Spiegeltafel gleichförmig aufgetragen wird. *A* ist das Gestell, in welchem die Räder angebracht sind; *B* eine in der Decke befestigte gusseiserne Säule; *C* das Triebrad; *C' C''* sind Räder, die die Bewegung auf die Polierscheiben übertragen; *DD* mit den Balanciers *GG* verbundene Arme; *EE* die Führungen für die Polierbleche; *FF* Vorrichtungen, um die Räder *C' C''* aussetzen zu können, wenn einer der Tische zum Stillstand gebracht werden soll. *HH* die Polierscheiben oder Polierbleche; *II* die in Rahmen von Gusseisen eingefassten steinernen Tische; *KK* Scheiben von Gusseisen, auf welchen sich der Tisch fortbewegt; *LL* mit einer Handhabe versehene Winkelräder, die mittels eines mit der Hand zu führenden Hebels in Bewegung versetzt werden; das Getriebe empfängt seine Bewegung durch das Rad *C*.

Rotierende Polierstöcke mit hin und her gehendem Tische besitzt eine Maschine, welche namentlich in England Aufnahme gefunden. Sie besteht aus einem starken gusseisernen Rahmen von etwa 6 m Länge und 3 m Breite, welcher eine Reihe von dünnen Walzen enthält, auf welchen eine als Poliertisch dienende, an ihrer untern Seite mit zwei Zahnstangen versehene Holzplatte liegt. Mittels in diese Zahnstangen eingreifender Triebe wird der Platte oder dem Poliertische eine langsame Seitenbewegung vor- und rückwärts erteilt, so dass alle Stellen der Spiegelplatte von den Reibern bearbeitet werden. Die zu polierenden Glasplatten werden wie gewöhnlich auf dem Poliertisch mit Gips festgekittet; die Seitenkanten dieses Tisches bewegen sich zwischen Gleitrollen, die am Hauptrahmen befestigt sind, so dass der Tisch durch die Reiber nicht verrückt werden kann. Die Polierscheiben sind auch hier mit Filz überzogene, mit einer zentralen Spindel versehene Holzstücke, die mit Gewichten mehr oder weniger beschwert werden, so dass sich die Grösse der Reibung genau regulieren lässt. Sie sind in zwei beweglichen Traversen befestigt, welche durch eine kurze, an ihren Enden mit rechtwinkelig zu einander stehenden Kurbeln versehene Welle in schwingende Bewegung versetzt werden. Auf diese Weise arbeiten die Polierscheiben, gleichwie bei der ersten Maschine, transversal zu der Richtung, in welcher der Tisch sich bewegt.

Eine Maschine*), die sowohl zum Polieren grosser Gussspiegel als auch zum gleichzeitigen Bearbeiten mehrerer kleiner Spiegel dient, ist die in den **Fig. 341** bis **344, Taf. XXIX,** abgebildete, welche sich 1877 Pfister patentieren liess. Dieselbe besteht aus zwei Ständern *a*, welche durch zwei Langtraversen *b* miteinander verbunden sind; an diesen befinden sich acht Führungsrollen *cc*, auf denen der aus Blech, Winkel- und T-Eisen konstruierte Tisch *d* durch die Kurbelscheibe *e* und das Schneckengetriebe *f* eine langsam hin- und hergehende Bewegung macht. Durch Lösen der kleinen Schraube und Verdrehen der Gabel *g* wird die Verbindung des Tisches mit der Maschine gelöst, um ersteren behufs Auflegen und Abnehmen der Glastafeln von der Maschine entfernen zu können. Durch die beiden konischen Räderpaare *h* und die beiden Kurbelscheiben *i* wird die kreisförmige Bewegung des Rahmens *k* hervorgebracht. Dieser Rahmen besteht aus gusseisernen Armen, zwei langen und vier kurzen Stangen, an welchen letzteren sich je vier Daumen *l* befinden, welche als Mitnehmer der 16 Blöcke dienen. Diese liegen also mit ihrem Eigengewichte vollständig frei auf der Glasfläche, der sie sich vollkommen anschmiegen können. Durch Aufheben an den kurzen Stangen werden die Arme *m* in vertikale Lage gebracht, um die Blöcke wegnehmen zu können. Ein Herabfallen wird durch die Federn *nn* verhindert.

Die eisernen Blöcke haben 300 mm Durchmesser und sind je 17,5 kg schwer, mit Ausnahme der vier Eckblöcke, welche etwas grösser und schwerer sind, wodurch ein gleichmässiges Fertigwerden der Ecken und schmalen Seiten mit der übrigen Glasfläche erzielt wird. In die Blöcke sind ringsum Löcher gebohrt, die mit Holz ausgekeilt sind, um daran die Filze festnageln zu können.

---

*) Zeitschrift des Vereins deutsch. Ing. 1877. 371.

Was nun das Auflegen der einzelnen Glastafeln auf den Tisch anlangt, so darf keine Glaskante gegen die nächste im geringsten höher oder tiefer liegen, wenn nicht schlecht polierte Stellen entstehen sollen. Dies wird durch eine Auflegevorrichtung erreicht, welche aus einer geschliffenen, mit dem Tische der Maschine gleich grossen Glastafel besteht, die in einen starken Holzrahmen gefasst ist und um zwei Zapfen mittels Zugvorrichtung umgeklappt werden kann. Die geschliffenen, nun zu polierenden Glastafeln werden in passend sortierten Grössen auf der Auflegetafel mit etwas Wasser durch Adhäsion befestigt („aufgeschoben"), so dass die ganze Auflegetafel mit geringen Zwischenräumen mit Spiegeltafeln belegt ist. Neben die Auflegetafel wird dann der Tisch von der Maschine durch passende Vorrichtungen, z. B. durch Wagen auf Gleisen gebracht, auf demselben der Gipsbrei angemacht und auf die ganze Tischfläche verteilt, hierauf wird die Auflegetafel mit den Spiegeltafeln in den Gipsbrei auf den Tisch geklappt und je nach der Qualität des Gipses, so lange stehen gelassen, bis derselbe erhärtet ist. Wird nun die Auflegetafel abgehoben, so liegen sämtliche Spiegeltafeln schön in einer Fläche in Gips gelagert auf dem Poliertische der Maschine. Ein Stillstand der betreffenden Maschinen während dieser Operation wird durch Reservetische vermieden, so dass nach vollendeter Arbeit der Tisch einer Maschine nur weggenommen und sofort durch einen bereits mit neuen Platten belegten ersetzt wird. Eine solche Auflegevorrichtung kann natürlich für mehrere Maschinen dienen und kann die Arbeit so geteilt sein, dass die eigentlichen Polierer die aufgelegten Tische von den Auflegern empfangen und die fertigen Tische an dieselben abliefern.

Was die Leistungsfähigkeit einer solchen Maschine betrifft, so kann mit derselben bei 50 Umgängen pro Minute des Blockrahmens die Fläche des Tisches, also mit Abrechnung der Zwischenräume etwa 3,5 qm Glas in einem Zeitraum von höchstens 12 Stunden auf einer Seite fertig poliert werden. Der Kraftbedarf für obige Umdrehungszahl, bei welcher die Blöcke 0,785 m Geschwindigkeit pro Sekunde haben, beträgt etwa 3,5 Pferde.

Eine Poliermaschine, bei welcher wieder ein kreisrunder, drehbarer Tisch in Anwendung gekommen, hat sich Earnshawe auch für Deutschland*) patentieren lassen und war dieselbe 1882 in Nürnberg ausgestellt. Da eine Kurbelbewegung der aufeinander wirkenden Teile häufig die Güte der Polierarbeit beeinträchtigt, so ist dieselbe hier durch eine gleichmässige Kreisbewegung sowohl des Tisches als auch der Polierblöcke ersetzt worden. Auch hier kann der gusseiserne Untertisch A, **Fig. 345 und 346, Taf. XXVIII**, auf welchen die Scheiben aufgegipst werden, da derselbe fahrbar ist, von der Maschine entfernt werden, so dass also unter Anwendung eines Reservetisches eine Unterbrechung der Polierarbeit nicht stattfindet. Der Wagen selbst steht auf einer Drehscheibe C, welche im Niveau der Hüttensohle liegt und kann auf derselben mittels der Schrauben DD festgestellt werden. Von einer unter der Hüttensohle befindlichen Transmission überträgt ein konisches Räderpaar E die Bewegung auf die senkrechte Welle der Scheibe. An

*) D. R. P. Nr. 20025.

dieser Bewegung nimmt nur der auf der Scheibe stehende Wagen mit der zu polierenden Tafel teil, während die Polierstöcke *BB*, welche je nach der Grösse der Maschine in grösserer oder geringerer Anzahl vorhanden sind, mit den Rahmstücken *RR* um die vertikalen Wellen *F* und *G*, welche von einer seitlichen Königswelle aus durch die Riemscheiben *H* und *J* angetrieben werden, in entgegengesetzter Richtung umlaufen. Je nach dem grösseren oder geringeren Abstande der Wellen *F* und *G* von der Mittellinie der Maschine ist auch die Grösse jener Rahmstücken eine verschiedene und es resultiert hieraus eine sehr gleichmässige Bearbeitung der zu polierenden Spiegelscheibe. Dem Apparate wird grosse Leistungsfähigkeit bei vorzüglicher, gleichmässiger Politur, leichte Bedienung und geringe Abnutzung nachgerühmt.

Ursprünglich sind die Poliermaschinen mit rotierendem Tische von Deutschland ausgegangen*), aber auch belgische und französische Konstrukteure nahmen in der Folge dies Prinzip auf. Die Leistungsfähigkeit dieser Maschinen ist gegenüber denjenigen mit quadratischen oder oblongen Tischen mit hin- und hergehender oder mit Kurbelbewegung eine bedeutende, so dass eine Maschine mit 12, 15 und mehr Quadratmeter Tischfläche, welcher dann 12, 18 und mehr Polierstöcke entsprechen, den Spiegel in etwa 8 Stunden einseitig fertig poliert.

Das Aufkitten mehrerer grosser Glastafeln auf diese mächtigen Tische, so dass ihre Oberflächen genau in ein und dieselbe Ebene fallen, erfolgt im allgemeinen in der Weise, dass man die Tafeln mit der zu polierenden Seite auf die glatte Fläche eines Tisches legt, dann mittels mechanischer Hilfsmittel einen zweiten Tisch, der vorher mit Gipsbrei überzogen war, darauf legt, beide vereinigt aufhebt, umdreht, so dass der obere nach unten kommt, den nun oben liegenden abhebt und jenen mit den nunmehr aufgekitteten Platten auf die Poliermaschine führt. Mit einem solchen Apparate können mehr als 4000 qm Spiegelplatten im Laufe eines Monats aufgekittet werden.

Bedenkt man, dass das Glas durch das Schleifen und Polieren etwa $^1/_3$ seines Gewichts einbüsst, dass somit in einer Glasschleiferei, welche jährlich 100 000 qm Tafeln fertig stellt, etwa 3 000 000 kg Glas verliert, welche in dem abgehenden Schleifsande enthalten sind, so kann man sich eine Idee machen von den bedeutenden Massen dieser Abfälle überhaupt.

Neuerdings nun ist von Motte der Vorschlag gemacht worden, diese Massen, welche ihres feinverteilten Zustandes wegen in gewissem Grade plastische Eigenschaften angenommen haben, zur Herstellung von Bausteinen, Fliessen, Ornamenten und dergleichen zu benutzen, indem man sie in Formen presst und nach dem Trocknen brennt, wobei das erweichende Glas die sandigen Teile so fest zusammenkittet, dass die gewonnenen Produkte vollkommen genügende Widerstandsfähigkeit erlangen.

Dass von Flamm allen Ernstes der Vorschlag gemacht worden sei, die Arbeiten des mechanischen Schleifens und Polierens durch einen chemischen Prozess, durch ein allmähliches Abätzen der Rauheiten

*) Henrivaux, le verre et le cristal. 271.

mit immer verdünnterer Fluorwasserstoffsäure zu ersetzen, mag hier der Merkwürdigkeit wegen noch erwähnt sein:

„Warum”, ruft Flamm aus, nachdem er die ungeheueren Verluste an Glas, Zeit und Arbeit, welche das Schleifen verursacht, gebührend hervorgehoben, „warum bedient man sich nicht der Fluorwasserstoffsäure, um mittels derselben zunächst die am meisten hervortretenden Erhabenheiten und nach und nach, indem man von Zeit zu Zeit die Tafel auf ihre Beschaffenheit untersucht, vermöge ihrer auflösenden Wirkung alle Unebenheiten wegzunehmen, bis man zuletzt eine vollkommene Ebene hergestellt hat? Würde es, nachdem man diesen Zweck erreicht, nicht möglich sein ohne die Schleiftische eine vollkommene Politur herzustellen, indem man das Aetzen mit dieser mehr und mehr mit Wasser zu verdünnenden Säure fortsetzte? Die schwache Säure würde das Glas nicht angreifen, vielmehr zunächst nur die durch die stärkere Säure abgeschiedene Kieselsäure auflösen” (?).

„Diese Methode könnte entweder unter Zuhilfenahme eines Schleiftisches oder auch lediglich durch die Hand in Ausführung gebracht werden.”

„1) Das mechanische Verfahren. Man kittet die Tafel auf dem steinernen Tische fest und überzieht sie mit dem Aetzgrund der Kupferstecher; alle Teile der Maschine, sowie die Richtbank schützt man gegen die Wirkung der Fluorwasserstoffsäure durch einen Anstrich von Leinöl- oder Harzfirnis.”

„Den Tisch umgibt man mit einem Rande von Pech oder Wachs, weit genug, dass man alle Teile der Spiegeltafel mit dem Reiber erreichen kann, ohne den Rand zu beschädigen. Der Reiber, der von Blei sein kann, hat nur den Zweck, durch ein schwaches Frottieren die am meisten hervorragenden Stellen von dem Firnis blosszulegen, damit die Wirkung der Säure stets in demselben Niveau erfolge. Zu diesem Zweck bringt man zwischen den Reiber und den Firnis einen körnigen Körper, der von der Fluorwasserstoffsäure nicht angegriffen wird.”

„Man übergiesst die Tafel mit Fluorwasserstoffsäure, die durch den Wachsrahmen am Abfliessen verhindert wird, bedeckt die Säure, um die Verbreitung ihrer Dämpfe zu verhindern, mit einem schmiegsamen mit Kautschuk überzogenen Stoff, lang und breit genug, dass der Reiber, welcher hindurchgeht, alle Teile der Tafel erreichen könne.”

„2) Die Handarbeit. Man legt die zu behandelnde Tafel horizontal auf einen steinernen von einem Rahmen, der einen Hahn hat, umgebenen Tisch, giesst gefärbtes Wasser darauf und lässt von diesem wieder soviel abfliessen, bis die hervorragendsten Höcker blossgelegt sind. Man umzieht alsdann die durch das Wasser gebildeten Konturen und bezeichnet sie als „erste Fläche”; dann zieht man nochmals etwas Wasser ab und bezeichnet das zweite Niveau und so fort, bis zuletzt alles Wasser abgeflossen ist, bis auf das, welches in den tiefsten Stellen der Tafel zurückbleibt, die dann mit Firnis überstrichen werden.”

„Nachdem man auf diese Weise die Dicke der verschiedenen Schnitte der Tafel bestimmt hat, umgibt man die Fläche Nr. 1 mit Wachs und giesst Fluorwasserstoffsäure auf; nachdem die erste Fläche

nivelliert ist, behandelt man die folgenden bis zur letzten auf dieselbe Weise; um eine durchsichtige Oberfläche zu erhalten, verdünnt man die Säure mit vielem Wasser und wäscht zuletzt die Tafel mit Wasser ab."

„Durch Anwendung von Fluorwasserstoffsäure würde sicher eine grosse Ersparnis erzielt werden und wir empfehlen die weitere Ausbildung unserer Idee dem Nachdenken der Fabrikanten, denen die Ausführung vielleicht besser gelingt als wir sie anzugeben vermochten."

Wird hier etwa Glas gespart und kostet Fluorwasserstoffsäure kein Geld?

Nach dem Polieren werden die Tafeln in einem dunklen Zimmer auf einem mit schwarzem Tuche belegten Tische bei einer Lampe einer genauen Besichtigung unterworfen, um Streifen und weniger in die Augen fallende Fehler zu entdecken, und dann nach ihren Dimensionen, Mängeln und sonstigen Eigenschaften für den Verkauf klassifiziert.

Das Zerteilen der Tafeln geschieht, wie dies schon bei der Tafelglasfabrikation angegeben wurde, mittels des Diamanten oder des Radschneiders unter Zuhilfenahme von Linealen oder Schablonen, wenn, wie dies bei Spiegeln häufig der Fall, krummlinige Schnitte zu führen sind. Sind die Krümmungen komplizierter, so nimmt man zunächst mittels geradliniger Schnitte die Teile hinweg, welche ausserhalb der Begrenzungslinie liegen und dringt dann mit mehreren aufeinanderfolgenden kleineren Schnitten in scharfen Einbiegungen ein. Die letzten stehen gebliebenen Reste werden dann mittels des Riefel- oder Kröseleisens fortgenommen. Dies Instrument besteht, wie **Fig. 347, Taf. XXVIII,** vorführt, aus einem ungehärteten Stahlstreifen von 3 mm Dicke und 15 cm Länge. An seinen Enden ist es mit Einschnitten nach der Richtung der Breite versehen, mit welchen man von dem Glase nach und nach zahlreiche kleine Splitter abbricht und so die noch vorstehenden Ecken desselben beseitigt. Damit die scharfen Kanten des Glases von dem Instrument hinreichend gefasst werden, muss der Stahl, wie schon gesagt, ziemlich weich sein; infolgedessen ist dasselbe aber schneller Abnutzung ausgesetzt und es empfiehlt sich daher die in **Figur 348, Taf. XXVIII,** wiedergegebene Anordnung desselben, welche ein leichtes Reparieren der angegriffenen Teile ermöglicht und ausserdem die Verwendung eines und desselben Instruments für Tafeln verschiedenster Stärke gestattet, da die Spaltweite sich beliebig regulieren lässt.

Wie sich aus dem Ganzen des bisher über die Spiegelfabrikation Vorgetragenen ergibt, ist es viel leichter kleine Spiegelgläser herzustellen als grosse; da mit der Grösse der Tafeln die Schwierigkeit wächst, sie ohne Fehler zu erhalten, so dass grosse Tafeln, nachdem alle Arbeit darauf verwendet worden ist, oft unbedeutender Mängel wegen in eine Anzahl kleinere zerschnitten werden müssen. Der Verkaufspreis kleiner Tafeln aber und selbst mittelgrosser ist ein so gedrückter, dass bei grösserer Produktion desselben die Fabrikation wenig oder gar nicht lohnt.

Der Verkaufspreis der Spiegel pro Quadratmeter steigt nämlich mit der Grösse der Tafel, so dass z. B. 1882 kostete

eine Spiegeltafel	von	1 qm	=	28	Mark
„ „	„	2 „	=	65,2	„
„ „	„	3 „	=	112,8	„
„ „	„	4 „	=	159,2	„

dahingegen betragen zu den Selbstkosten für einen Quadratmeter fertig polierter Spiegel für belgische Verhältnisse

Gemenge	Mark 1,93
Holz und Holzkohle	0,10
Brennmaterial	3,30
Häfen etc.	0,52
Sand, Schmirgel, Zinnasche . .	1,52
Gips	3,10
Verschiedenes Material	0,87
Beleuchtung	0,05
Unterhaltung der Oefen	0,25
„ des Betriebsmaterials	1,06
Löhne	5,10
Generalkosten	1,20
Verzinsung des Anlagekapitals .	1,70
	Mark 20,70

Für Frankreich stellen sich diese Werte nach Henrivaux etwas niedriger und zwar:

Herstellungskosten eines Quadratmeters Rohglas	Mark 5,60
Rohschleifen	3,20
Klarschleifen	1,00
Polieren	4,44
Verschiedenes, Generalkosten etc.	4,00
	Mark 18,24

Ist daher das Streben der Gussspiegelhütten vor allem darauf gerichtet, recht grosse und reine Tafeln zu erzeugen, so geben die zahlreichen Ausstellungen Gelegenheit die gesteigerte Leistungsfähigkeit derselben zu bewundern. So hatte schon 1855 St. Gobain in Paris eine Platte von ca. 17 qm, Cirey sogar eine solche über 19 qm ausgestellt. Da solche Platten kaum anders als aus zwei Häfen gegossen sein können, so mag man mit Recht staunen über die Gleichmässigkeit des Materials, über die Sorgfalt, mit der ein Guss ausgeführt wurde, der den flüssigen Inhalt zweier Häfen zu einer einzigen fehlerfreien Masse vereinigte, sowie über die gewaltigen Hilfsmittel, welche das Schleifen und Polieren solcher Spiegel ermöglichen.

Die hauptsächlichsten Eigenschaften, welche eine gute Spiegelscheibe besitzen muss, sind: vollkommene Ebene, gleiche Dicke, feine Politur, Weisse und Reinheit im Glase. Die hervorragendsten Fehler sind: mangelnde Ebene oder Ungleichheit in der Dicke, durch welche vom belegten Spiegel die reflektierten Gegenstände verzerrt erscheinen; vom Schleifen oder Polieren herrührende Kritzeln; eine deutlich wahrnehmbare Färbung von Grün, Braun, Gelb oder Violett; das Anlaufen, d. h. die Eigenschaft der zu viel Alkalien enthaltenden Gläser sich zu trüben, wobei sie sich mit kristallinischen Auswitterungen von kohlensaurem

Natron bedecken; die Punkte, Streifen, Schliere, Knoten, Blasen u. s. w. Diese Fehler rühren von einer schlechten Läuterung oder von Zufälligkeiten beim Schmelzen und Giessen des Glases her. Die meisten derselben sind um so schwieriger zu vermeiden, je grösser die Dimensionen des Spiegels sind.

Die Verpackung der Spiegelscheiben erfordert viel mehr Sorgfalt als die des Fensterglases, denn die geringste Reibung von einem harten Körper würde Kritzeln auf der polierten Fläche verursachen. Man wendet daher sehr starke und vollkommen geschlossene Kisten an, jede Tafel wird mit Seidenpapier umwickelt und durch Bänder aus einem weichen Filz, den man eigens für den Bedarf der Spiegelmanufakturen fabriziert, von den andern getrennt. Diese Tafeln werden ausserdem noch durch hölzerne Leisten, welche an den Wänden oder auf dem Boden der Kiste angeschraubt sind, festgehalten; endlich muss auch die Verpackung selbst so solid und sorgfältig geschehen, dass durch das Umfallen einer Kiste keine dem Spiegel schädlichen Vibrationen entstehen.

d) Das Belegen der Spiegel.

Wenn die polierten Glastafeln zu Spiegeln dienen sollen, so versieht man sie auf einer ihrer Flächen mit einem metallischen Ueberzuge „dem Belege", wodurch sie die Eigenschaften erhalten, die Lichtstrahlen ohne Zerstreung zu reflektieren und Bilder von regelmässiger Gestalt zu liefern.

Man kann sich zu diesen Belegen sehr vieler Metalle bedienen, sofern sie eine glänzende Oberfläche zeigen. In früheren Zeiten wendete man Bleifolie an, die jedoch ihrer unreinen Farbe und ihres zum Teil mangelnden Glanzes wegen keine reinen, klaren Bilder gab. Von den mancherlei andern Mitteln, diesen Uebelständen zu begegnen, hat sich im Verlauf der Zeit ein Zinnamalgam am besten bewährt, so dass dieses vorzugsweise zum Belegen der Spiegel angewendet wird. Mit der Anwendung von Quecksilber ist aber der grösste Nachteil für die Gesundheit der Arbeiter verbunden, es stellen sich unheibare Krankheiten ein, denen sie nach langen und schmerzhaften Leiden unter allmählichem Verluste ihrer geistigen und körperlichen Kräfte endlich erliegen. Wenn auch die Arbeiter durch grosse Vorsicht diese traurigen Erscheinungen mildern können, so können sie die Ursachen derselben doch nicht gänzlich vermeiden, ebensowenig wie man bis jetzt ein sicheres Mittel gegen die Folgen aufzufinden vermocht hat.

Denn wenn sie sich auch vor der unmittelbaren Berührung mit dem giftigen Metall durch Benutzung dicker, im Innern mit tierischer Blase gefütterter, Lederhandschuhe einigermassen schützen können, so ist dies rücksichtlich des weit gefährlicheren Einatmens der Dämpfe kaum möglich. Dass während der Arbeitszeit eine besondere Kleidung getragen werden soll, etwa von Gummistoff, die überall dicht am Körper liegt, dass eine zweckmässig eingerichtete Mütze den Kopf bedecke, dass Gesicht und Hände mit Fett eingerieben werden sollten, versteht sich eigentlich von selbst, aber alle diese Vorsichtsmassregeln schützen nicht gegen das Einatmen der Dämpfe. Mund und Nase mit einem feuchten Schwamme zu verbinden ist lästig, und so dürfte wohl das

Tragen eines Respirators mit engmaschigem, aus vielen Lagen bestehendem Netzwerk von chemisch reinem Silberdraht, welcher so einzurichten wäre, dass dieses Silbernetz von Zeit zu Zeit herausgenommen und von dem darauf niedergeschlagenen Quecksilber durch Ausglühen befreit werden könnte, das Empfehlenswerteste sein.

Dies ist der Grund, weshalb man schon seit langer Zeit bemüht gewesen ist, den Zinn-Quecksilberbelag durch ein anderes Metall, namentlich durch Silber zu ersetzen.

Das Belegen mit Zinnamalgam. Diese Operation besteht im wesentlichen darin, dass man das Amalgam gleichmässig auf der Spiegeltafel aufträgt, und dann das überflüssige Quecksilber wieder entfernt. Hierzu bedient man sich des Belegtisches, der in **Fig. 349, Taf. XXVIII,** im Aufriss und in **Fig. 350** und **351, Taf. XXVIII,** in einzelnen Teilen im Grundriss dargestellt ist.

Die Platte *a*, **Fig 349, Taf. XXVIII,** ist auf dem aus starken Pfosten gemachten Rahmen *bbbb* unbeweglich befestigt. Der Rahmen liegt seinerseits auf einem halbrunden Balken *c*, dessen unterer abgerundeter Teil in die Ausschnitte *dd*, **Fig. 351,** eines zweiten unter dem ersten befindlichen Rahmens *e* eingelassen ist, der auf dem Gestelle *ff* ruht. Der Balken *c* ist nicht genau auf der Mitte von *bb* angebracht, so dass der als der hintere zu betrachtende Teil ein kleines Uebergewicht gegen den vordern hat. Um jedoch die Platte vor dem Falle nach hinten zu schützen, ist eine Schraube *g* vorhanden, welche einerseits der Platte als Stütze, anderseits aber dazu dient, ihr jede beliebige Neigung nach vorn oder nach hinten zu erteilen. Zuweilen verlegt man auch wohl den Drehpunkt der Platte an die vordere Kante des Tisches, in welchem Falle man dann an der entgegengesetzten Seite zwischen die Platte und das Gestell Keile einschiebt.

Die Platte *a*, die am besten von Marmor gearbeitet wird, ist um etwa 2,5 cm länger und breiter als das zu belegende Spiegelglas. In dem hölzernen Rahmen ist ringsum eine Rinne ausgearbeitet, und in einer seiner Ecken ist er, dort wo zwei Rinnen zusammenstossen, mit einem Loche durchbohrt, durch welches ein lederner Schlauch in ein untergesetztes Gefäss reicht. In diesen Rinnen sammelt sich das ausgetretene Quecksilber, welches dann durch den Schlauch in den nahegesetzten Behälter abfliesst. Um bequem arbeiten zu können, darf die Höhe des Belegtisches vom Fussboden bis zur Steinplatte nicht mehr als 0,75 m betragen.

Nachdem die Platte gereinigt ist, bringt man den Belegtisch in eine vollkommen horizontale Lage, belegt ihn mit Zinnfolie, so dass diese 2,5 bis 5 cm über die zu belegende Tafel hinausragt, und streicht jene mit dem Streichbrettchen, einem 8 cm breiten und 24 cm langen, an den Kanten gut abgerundeten und mit Papier umwundenen Glasstreifen, ganz glatt und eben. Man kehrt nun das Zinnblatt um, wobei man es auf etwaige Beschädigung genau ansieht, und entfernt auf dieselbe Weise auch auf der zweiten Seite alle Falten; findet sich ein Loch, so legt man an der betreffenden Stelle zwischen das Zinn und den Stein ein Stückchen Folie und streicht diese ebenfalls glatt. Nachdem dies geschehen, schüttet man in kleinen Portionen durch ein Tuch geseihtes Quecksilber auf die ausgebreitete Zinnfolie und breitet dasselbe

mittels eines runden mit Tuch überzogenen Stabes oder Pinsels gleichmässig darüber aus, um alles Zinn mit dem Quecksilber in Berührung zu bringen; zugleich löst sich die vorhandene dünne Oxydschicht ab, und die Fläche erhält den vollen Metallglanz. Nachdem man auf diese Weise das Amalgam bereitet hat, giesst man auf dieses mit aller Vorsicht, soviel Quecksilber als nötig ist, um eine 4 bis 5 mm hohe Schicht zu bekommen, oder soviel als die Tafel bei horizontaler Stellung des Belegtisches, ohne abzufliessen, aufnehmen kann; gewöhnlich legt man auf drei Seiten hölzerne Leisten oder Glasstreifen, die man mit Gewichten beschwert, um das Abfliessen des Quecksilbers zu verhüten und die Zinnfolie zu halten, die vierte Seite bleibt zum Aufschieben der Glasplatte frei, doch spannt man über dieselbe einen mit Papier beklebten Leinwandstreifen, das Belegtuch, welcher über die vordere Kante des Tisches hinwegreicht und dessen Enden man durch aufgelegte Gewichte festhält.

Das Quecksilber bedeckt sich bald mit einem grauen Häutchen, welches mittels der scharfen Kante eines Lineals, mit welchem man, ohne das Zinn zu berühren, über das Quecksilber hinfährt, abgezogen wird, so dass die reine Metallfläche des Quecksilbers zum Vorschein kommt.

Während ein Arbeiter mit diesen Vorbereitungen beschäftigt ist, reinigt ein anderer die zu belegende Tafel, was in der Weise geschieht, dass dieselbe mit, in einen Leinwandsack gefüllter, Asche bestäubt und dann so lange mit den Händen gerieben und mit einem Tuche abgeputzt wird, bis alle Asche wieder entfernt ist und die Tafel vollkommen rein erscheint. Diese Arbeit ist so zu verrichten, dass ihre Beendigung mit der Amalgambereitung zusammenfällt. Um die Glastafel auf den Beleg zu bringen, fassen sie die Arbeiter, ein zusammengelegtes reines Stück Papier in der Hand, legen sie mit der zuletzt geputzten Seite auf das Belegtuch, und schieben sie unter Anwendung eines leichten Drucks und unter einem möglichst spitzen Winkel so auf den Beleg, dass der Rand ohne das Zinn zu berühren in das Quecksilber eintaucht. Zweckmässig ist es, vor dem Aufbringen der Glastafel einen ebenso langen Glasstreifen auf das Quecksilber zu schieben, welcher auf diesem schwimmt und später vor der Tafel herschwimmend, etwa auf die Oberfläche des Quecksilbers geratene Unreinlichkeiten mit fortnimmt. Während des Aufschiebens lässt man noch Quecksilber in einem dünnen Strahle nachfliessen und zwar so lange, bis die Tafel $^2/_3$ ihres Weges über den Belegtisch zurückgelegt hat, wo dann, damit das überflüssige Quecksilber abfliessen kann, die gegenüberliegende Leiste weggenommen wird; sobald die Tafel, ihrerseits nun auch auf dem Quecksilber schwimmend, überall aufliegt, wird sie gleichmässig mit Gewichten beschwert, und der Tisch ein wenig geneigt, um noch etwas Quecksilber abfliessen zu lassen. Entsteht während des Belegens ein Fehler, so muss die Glastafel sofort zurückgezogen, gereinigt und die Operation wiederholt werden. Oefter als zwei-, bei dicker Folie dreimal kann dies jedoch nicht geschehen, weil das Amalgam kristallinisch und brüchig wird und sich abhebt.

Wenn eine vollständige Berührung erzielt worden ist, so schwimmt, wie schon angedeutet, die Glastafel auf dem Quecksilber, und es bleibt

nur noch übrig sie unterzutauchen, damit sich das Amalgam an ihrer untern Fläche befestigen könne. Zu diesem Zwecke bedient man sich steinerner oder gusseiserner mit Flanell überzogener Gewichte, mit welchen die Glastafel beschwert wird, und zwar so, dass auf je 7 qcm etwa 1 kg kommt; in manchen Fabriken wendet man auch statt der Gewichte Schrauben an, die auf mit Flanell umwickelte und auf die Glastafel gelegte Stein- oder Metallplatten drücken. So gegen die Platte des Belegtisches fest angepresst, neigt man die Glastafel ein wenig, um den Ueberfluss des Quecksilbers zu entfernen, welches in dem untergestellten Gefässe aufgefangen wird. Nach einer Ruhe von 4 Minuten bedeckt man das Glas mit einem wollenen Tuche, zieht die Schrauben etwas fester an, und lässt sie in diesem Zustande 24 Stunden liegen. Während dieser Zeit vermehrt man die Neigung auf 10 bis 12°. Schliesslich hebt man die belegte Tafel, mittels eines hölzernen Rahmens, der sie von jetzt an aufnimmt, von dem Belegtische ab.

Dieser Rahmen wird wagerecht auf den Boden gestellt, die belegte Seite nach oben; durch Anlehnen an geeignete Stützen, bei grossen Spiegeln durch Stricke, die über eine in der Decke befestigte Rolle gehen, gibt man dem Rahmen eine schwache Neigung in der Richtung seiner Diagonale nach der Stelle, wo das Quecksilber seinen Abzug findet. Allmählich verstärkt man die Neigung bis zur senkrechten Stellung, in welcher die Spiegel, je nach ihrer Grösse, 14 Tage bis 4 Wochen stehen bleiben. Während dieser Zeit muss jede Art von Stoss oder heftiger Bewegung vermieden werden; Gewitter, in der Nähe abgefeuerte Kanonen, das Fahren schwerbeladener Wagen u. s. w. sind zuweilen hinreichend, um grosse Beschädigungen an dem Belege anzurichten.

Sobald beim Abnehmen von dem Belegtische zu viel freies Quecksilber an dem Spiegel zurückgeblieben war, ist man der Gefahr ausgesetzt, die Frucht seiner Arbeit zu verlieren; denn indem dieses beim Aufrichten zu plötzlich zwischen dem Glase und dem Amalgam abfliesst, können nackte Stellen, Würmer genannt, entstehen. Die belegten Scheiben dürfen nur, nachdem im Verlauf der Zeit das Amalgam vollkommen fest geworden ist, verschickt werden. Das abgeflossene sehr zinnhaltige Quecksilber kann nur, nachdem man durch Destillation das Zinn davon geschieden hat, zu neuen Belegen verwendet werden.

Zuweilen versieht man den Beleg, um ihm mehr Haltbarkeit zu geben, mit ein paar Firnisanstrichen, besonders wenn die Spiegel für Schiffe, überhaupt für feuchte Lokale bestimmt sind. Zur Darstellung eines solchen Firnisses gibt es viele Vorschriften, von welchen sich die folgende als vorzüglich bewährt hat.

3 Teile Sandarach, 2 Teile Schellack und 6 Teile bester Mastix werden gepulvert, mit 6 Teilen gröblich zerstossenem Glase gemengt und mit 40 Teilen Alkohol übergossen, resp. unter öfterem Umschütteln darin aufgelöst; man setzt dann noch 3 Teile venezianischen Terpentin hinzu, erwärmt das Ganze gelinde und lässt es 48 Stunden stehen, worauf man die überstehende Flüssigkeit abgiesst und filtriert. — Bevor man den Firnis auf den Beleg aufträgt, reibt man letzteren mit einem

Baumwollenbausch und etwas Schlämmkreide ab; einen zweiten und folgenden Anstrich gibt man erst dann, nachdem der vorhergegangene völlig trocken geworden ist.

Das Belegen von Kugeln, Hohlspiegeln und dergl. geschieht auf folgende Weise. Zunächst stellt man durch Zusammenschmelzen von 2 Teilen Quecksilber, 1 Teil Wismut, 1 Teil Blockzinn und 1 Teil Blei in einem Tiegel ein flüssiges Amalgam dar; zuerst schmilzt man das Zinn und Blei, dann setzt man in kleinen Portionen das Wismut hinzu; nachdem alles geflossen ist, nimmt man den Tiegel aus dem Feuer, und fügt, nachdem er sich etwas abgekühlt hat, unter beständigem Umrühren mit einem eisernen Stabe, das Quecksilber hinzu. Das so dargestellte Amalgam giesst man in das zuvor gut gereinigte, getrocknete und erwärmte zu belegende Glas, und schwenkt dieses, damit das Amalgam sich an seine Wände anlegen könne, nach allen Richtungen; das überflüssige Amalgam wird nach Beendigung der Arbeit in ein anderes Gefäss gegossen. Die Operation verlangt viel Geschicklichkeit, und ihr Gelingen hängt hauptsächlich von der sorgfältigen Reinigung des Glases ab.

Das Belegen konvexer Gläser ist weit schwieriger als das von ebenen Flächen, doch verfährt man dabei ganz auf dieselbe Weise wie bei Planspiegeln. Statt der steinernen Platte des Belegtisches nimmt man einen Marbel mit einer Vertiefung, die genau dem Radius der Kugel weniger der Stärke der Zinnlamelle entspricht. Zur weitern Ausführung der Operation bearbeitet man mittels eines gut polierten Hammers mit einer Rundung, die der Vertiefung im Marbel, weniger der Stärke von 6 bis 8 Lamellen entspricht, 6 Blätter Zinn, indem man sie in die Vertiefung des Marbels treibt, bis eine halbkugelförmige Haube entstanden ist; man nimmt nun das oberste Blatt heraus, und fährt fort mit dem Hammer zu schlagen, bis sich die übrigen überall an die Wandung der Form angelegt haben. Nachdem dies geschehen, nimmt man die vier nächsten Lamellen heraus, die letzte darin lassend, giesst Quecksilber in kleinen Mengen auf dieselben und breitet dasselbe mittels eines weichen Pinsels auf dem Zinn aus, wobei man die gleichmässige Verteilung durch zweckmässige Bewegungen des Marbels unterstützt; zuletzt schüttet man eine grössere Menge von Quecksilber in die Form.

Nachdem man das Quecksilberbad von einem seine Oberfläche bedeckenden Häutchen befreit hat, legt man das trockne und gut gereinigte Stück auf das Quecksilber, und drückt es mittels eines mit Flanell umgebenen hölzernen Stempels von der Rundung des Glases in die Vertiefung des Marbels und hält es mit einer Schraube in dieser Stellung fest. Der Ueberschuss des Quecksilbers wird durch den Druck ausgepresst, und fliesst in den Behälter, in welchen der Marbel gestellt war; nun kehrt man diesen um und lässt den Beleg auf dem Glase erhärten.

Das Belegen mit Silber. Um die Arbeiter vor den oben erwähnten schädlichen Einflüssen, denen sie bei Herstellung des Quecksilberbelegs ausgesetzt sind, zu bewahren, ist man seit etwa 40 Jahren eifrig darauf bedacht gewesen, den Silberbeleg in die Spiegelfabrikation einzuführen. Der Methoden zur Erreichung dieses Zieles sind zahlreiche

bisher in Vorschlag gebracht worden; sie alle aber basieren auf der Eigenschaft des Silbers aus gewissen Lösungen durch die reduzierende Einwirkung organischer Substanzen, welche eine grosse Verwandtschaft zum Sauerstoff besitzen, in zusammenhängender, glänzender Schicht auf den Wandungen der jene Lösungen umschliessenden Gefässe sich auszuscheiden.

Die ersten Versuche zur Herstellung derartiger Spiegel sind bereits im Jahre 1843 von Drayton gemacht worden, ohne dass es ihm indessen gelungen wäre, seinen Erzeugnissen dauernd Eingang zu verschaffen. Gleich nach ihrer Vollendung zwar zeigten die Spiegel eine sehr grosse Vollkommenheit; aber nach nicht allzulanger Zeit sah man bei diesem oder jenem die spiegelnde Fläche an einzelnen Punkten grau werden und von diesen Punkten aus die matte Stelle sich allmählich, meist strahlenförmig weiter ausbreiten. Anfänglich glaubte man den Grund für diese Uebelstände in einer allmählich sich vollziehenden Umlagerung der Silbermoleküle finden zu sollen, wodurch gleichzeitig die Hoffnung auf mögliche Herstellung dauerhafter Silberspiegel fast dahin schwand; später aber lernte man die Ursache jener Veränderungen in gewissen Mängeln erkennen, welche der von Drayton angewendeten Methode anhaften, und welche namentlich auf die Verwendung von ätherischen Oelen als Reduktionsmittel zurückzuführen waren. Auch bei der grössten Sorgfalt lässt es sich nicht vermeiden, dass Spuren dieser Oele zwischen Glas und Silber zurückbleiben und dann später in dem Masse, in welchem sie durch die Einwirkung von Licht und Luft eine chemische Veränderung erleiden, die allmähliche Zerstörung des Silberüberzugs veranlassen.

Nachdem einmal die Ursache der erwähnten Erscheinungen erkannt war, lernte man jene Uebelstände auch bald vermeiden und man versteht es jetzt, derartige Silberbelege herzustellen, welche an Schönheit und Dauer nichts zu wünschen übrig lassen, obschon sich nicht leugnen lässt, dass die Ausführung immer noch eine so diffizile ist, dass kleinste Unaufmerksamkeiten und Ausserachtlassung strengster Befolgung der Vorschriften zu Misserfolgen Veranlassung werden können. Wenn trotzdem die Silberspiegel bisher nicht die Aufnahme gefunden haben, welche sie verdienen, so mag dies zum guten Teile auch daran liegen, dass dieselben alle Fehler des Glases sofort erkennen lassen. So sollen sich sogar auf Silberspiegeln solche Stellen, an welchen feuchte Papier- oder Flanellstreifen zwischen den Platten gelegen haben, sofort markieren. Unserer Ansicht nach dürfte indessen ein solches Verhalten sehr zur Empfehlung der Silberspiegel dienen, da das Vorhandensein solcher Stellen jedenfalls eine nicht genügende Qualität des betreffenden Glases verraten würde. Ein weiterer Vorzug der Silberspiegel ist ferner der, dass sie das Licht viel vollkommener reflektieren, als Quecksilberspiegel, also hellere Bilder geben, während man anderseits ihnen den Vorwurf macht, dass jenes Licht gelb gefärbt sei. Dieser Mangel, der übrigens nur bei feinen weissen Gläsern in geringem Grade, bei halbweissen aber gar nicht ins Gewicht fällt, hat seinen Grund darin, dass die äusserst dünne Silberschicht einen Teil des auffallenden Lichts und zwar, wie man sich überzeugen kann, wenn man einen solchen Spiegel zwischen das Auge und die Sonne bringt, des blauen Lichts durchlässt,

so dass also das reflektierte Licht an gelben Strahlen relativ reicher wird. Dem gegenüber darf aber wohl angenommen werden, dass jetzt bei tadelloser Ausführung der Arbeit Silberspiegel erzeugt werden können, welche die Quecksilberspiegel bedeutend an Dauer übertreffen.

Die Misserfolge Draytons basierten, wie bereits erwähnt, hauptsächlich auf der Verwendung von ätherischen Oelen als Reduktionsmittel. Er brachte eine ammoniakalische Auflösung von salpetersaurem Silber in Weingeist mit Kassiaöl versetzt (auf 50 g Höllenstein 150 g Weingeist von 87 Prozent und 10 bis 15 Tropfen Kassiaöl) auf die sorgfältig gereinigte Tafel und fügte einige Tropfen Gewürznelkenöl zu. Später änderte er diese Vorschrift dahin ab, dass 2 Teile salpetersaures Silber in 3 Teilen Wasser und 3 Teilen Weingeist gelöst werden, und diese Lösung mit 1 Teil Salmiakgeist vermischt wird; 1 Teil dieser Mischung wird dann mit 8 Teilen Wasser und ebensoviel Weingeist verdünnt, worin $^1/_4$ Teil reiner Traubenzucker gelöst worden, und nachdem sie auf das Glas aufgegossen ist, auf 70° C. erwärmt und einige Zeit auf dieser Temperatur erhalten. Wie schön sich aber auch die nach Drayton versilberten Spiegel zur Zeit ihrer Darstellung zeigen, so werden sie nach Verlauf einiger Wochen durch eine Menge kleiner roter Flecke verunstaltet, die über die ganze Spiegeltafel verbreitet sind.

Die Methoden zur Versilberung des Glases ohne Anwendung von ätherischen Oelen sind übrigens nicht erst neueren Datums, denn schon im Jahre 1861 nahm beispielsweise J. Cimey in England ein hierauf bezügliches Patent. Cimey reinigt die Glasplatte mittels einer Lösung von 1 Teil Seignettesalz (weinsaures Kali-Natron) in 200 Teilen destilliertem Wasser aufs sorgfältigste. Als Versilberungsflüssigkeit benutzt er eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd, der so lange Ammoniak zugesetzt wird, bis ein brauner Niederschlag zu entstehen anfängt, dann wird filtriert. Eine Quantität dieser Lösung, 30 g Höllenstein enthaltend, wird mit einer Lösung von 14 g Seignettesalz und, wenn nötig, noch mit so viel Wasser vermischt, dass das Ganze 60 g wiegt. Sobald das Gemisch anfängt, sich zu trüben, was schon nach 1 bis 2 Minuten geschieht, wird es über die etwas schräg gehaltene Glasplatte von deren oberem Rande her ausgegossen. Das Silber beginnt nach 2 Minuten sich auszuscheiden und nach 30 Minuten sind auf 1 qm Glasfläche 4 g Silber abgelagert, was für die meisen Fälle genügt. Die Flüssigkeit wird sodann von der Platte abgegossen, vier- bis fünfmal mit Wasser abgespült und nach dem Trocknen mit einem Firnis überzogen, welcher durch Auflösen von 20 Teilen Dammarharz, 5 Teilen Asphalt und 5 Teilen Guttapercha in 75 Teilen Benzin erhalten wird.

Ausser der Weinsäure sind dann noch Aldehyd, Trauben- oder Invertszucker und andere zur Abscheidung des Silbers mit mehr oder weniger Erfolg in Anwendung gebracht worden und es haben namentlich Liebig, Petitjean, Böttger, Foucault und Martin sich um die Ausbildung des Verfahrens grosse Verdienste erworben.

Liebig fügt zu 140 Volumteilen einer 10prozentigen wässerigen Lösung von salpetersaurem Silberoxyd 100 Volumteile einer Flüssigkeit, welche durch Auflösen von 60 g schwefelsaurem Ammoniak in 300 g Wasser erhalten wurde. Dieser Mischung setzt er alsdann 750 Volum-

teile einer völlig chlorfreien Natronlauge von 1,05 spez. Gewicht zu, lässt durch Absetzen klären, dekantiert, verdünnt mit der fünf- bis sechsfachen Menge Wasser und mischt 10 Teile der so erhaltenen Flüssigkeit mit 1 Teil der sogenannten Reduktionsflüssigkeit, welche er in folgender Weise erhält.

1) 50 g weisser Kandiszucker werden zu einem dünnen Sirup gelöst und unter Zusatz von 3,1 g Weinsteinsäure etwa eine Stunde lang gekocht. Das verdampfende Wasser muss zur Vermeidung einer zu grossen Konzentration der Lösung von Zeit zu Zeit ersetzt werden. Schliesslich wird so viel destilliertes Wasser hinzugefügt, dass die Gesamtmasse der Flüssigkeit 500 ccm beträgt.

2) 2,875 g völlig trocknes weinsaures Kupferoxyd werden mit destilliertem Wasser übergossen, dann wird konzentrierte chlorfreie Natronlauge tropfenweise hinzugefügt bis zur vollkommenen Lösung des Salzes, welche mit schön blauer Farbe erfolgt und auf 500 ccm verdünnt. Endlich wird

3) Die Reduktionsflüssigkeit selbst aus

1 Volumteil Zuckerlösung Nr. 1,
1 „ Kupferlösung Nr. 2,
8 „ destilliertem Wasser

gemischt und diese in der oben angegebenen Weise verwendet, doch mit der Massnahme, dass dieselbe erst unmittelbar vor jedesmaligem Gebrauch der Silberlösung zugegeben wird.

Die zur Versilberung bestimmten Glastafeln werden mit Schlämmkreide und etwas Ammoniak wohl gereinigt, gespült und mittels eines mit Silberlösung befeuchteten und mit etwas Zinnoxyd bestreuten Baumwollenbausches abgerieben. Nach nochmaligem Spülen bringt man die Tafeln, jede Berührung der gereinigten Fläche mit den Fingern sorgfältig vermeidend, mit der zu versilbernden Seite nach unten gerichtet möglichst horizontal in das gleichfalls horizontal gestellte Versilberungsgefäss.

Das der Silberlösung zugefügte Kupfer bewirkt, nach der Angabe Liebigs, der übrigens für die Thatsache eine Erklärung nicht zu geben vermochte, eine sehr gleichmässige Ablagerung des Silbers bei grosser Sparsamkeit, so dass die auf einem Quadratmeter Fläche abgelagerte Silbermenge nicht mehr als 3 bis 3,5 g beträgt. Ohne diesen Kupferzusatz erscheint der Ueberzug weissgefleckt und löcherig; die geringe Menge Kupfer aber macht ihn silberglänzend und fehlerfrei.

Einfacher schon gestaltete sich das Verfahren von Böttger, zu dessen Ausführung gleichfalls zwei Flüssigkeiten, eine Silberlösung und eine Reduktionsflüssigkeit erforderlich sind.

Die erstere wird erhalten, indem man 5 g salpetersaures Silberoxyd in 40 ccm destilliertem Wasser auflöst und diese Lösung in eine heftig siedende Auflösung von 3 g Seignettesalz in 3 l Wasser nach und nach eingiesst, das Ganze etwa noch 10 bis 15 Minuten im Sieden erhält, dann erkalten lässt und durch weisses Filtrierpapier filtriert. — Als Versilberungsflüssigkeit dient salpetersaures Silberoxydammoniak, in welcher jedoch Ammoniak nicht vorwalten darf. Man erhält dieselbe

indem man $7^1/_3$ g Höllenstein in 30 ccm Wasser löst, so lange tropfenweise Ammoniakflüssigkeit hinzufügt, bis die entstandene Trübung eben wieder zu verschwinden beginnt, dann schliesslich noch 375 ccm destilliertes Wasser zusetzt und ebenfalls filtriert.

Um nun ein Plan- oder Hohlglas zu versilbern, vermischt man gleiche Volumina der beiden Flüssigkeiten miteinander, übergiesst oder füllt die Gläser in etwa $1^1/_2$ cm hoher Schicht mit diesem vollkommen klaren und farblosen Gemisch, worauf sie sich in etwa 10 Minuten mit einer spiegelglänzenden, festhaftenden Schicht Silber bedecken. Wiederholt man diese Operation noch einmal, so erlangt die Silberschicht eine solche Stärke, dass sie völlig undurchsichtig erscheint und die Rückseite derselben, besonders bei Planspiegeln, zum Schutze mit einem aus in Benzol gelöstem Asphalt bestehenden Firnis überzogen werden kann.

Diesem Verfahren Böttgers hatte ein anderes von Bothe zu Grunde gelegen, aus dessen Vereinigung mit jenem Krippendorf eine neue Methode ableitete, die er als ganz besonders praktisch empfahl und zu deren Ausführung er folgender Präparate und Apparate bedurfte.

1) Seignettesalz.
2) Seignettesalzlösung, 1 g Salz auf 50 ccm destilliertes Wasser.
3) Ammoniakflüssigkeit mit 10 Prozent Ammoniak.
4) Salpetersaure Silberoxydlösung im Verhältnis von 1 g Salz auf 8 ccm Wasser.
5) Ein Kochfläschchen von ca. 1000 ccm Inhalt zur Reduktionsflüssigkeit I.
6) Eine dergleichen zur Versilberungsflüssigkeit II.

I. Die Reduktionsflüssigkeit. Zu deren Darstellung werden 900 ccm destilliertes Wasser in dem Kolben (5) und 90 ccm Seignettesalzlösung (2) gemischt und hierauf in starkes Kochen gebracht. Beim Aufwallen der ganzen Flüssigkeit tröpfelt man aus Flasche 4 20 ccm der Silbernitratlösung hinzu, wodurch die ganze Lösung sich schwärzt. Man lässt die ganze Lösung kochen und hat dann die Reduktionsflüssigkeit, in welcher sich eine neue Silbernitratverbindung, das sogenannte oxyweinsaure Silberoxyd gebildet hat. Die Flüssigkeit lässt sich lange aufbewahren, sie scheint sogar durch das Alter noch zu gewinnen. Vor dem Gebrauche muss dieselbe jedoch filtriert werden.

II. Die Versilberungsflüssigkeit. 9000 ccm destilliertes Wasser werden zuerst mit 80 ccm der Silberlösung aus Nr. 4 (1 : 8) und dann noch mit 100 Tropfen der Ammoniaklösung Nr. 3 vermischt.

III. Der Versilberungsprozess. Gleiche Raumteile der Flüssigkeiten I und II werden sorgfältig und einzeln filtriert, hierauf in einer Küvette zusammengegossen, worauf die gut gereinigte Glasplatte eingebracht wird. Nach etwa 10 Minuten bereits findet eine Zersetzung des Gemisches statt, indem unter Schwärzung desselben rein metallisches Silber auf die Platte sich niederschlägt. Das Putzen und Einbringen der Platte findet genau wie beim photographischen Prozesse statt. Durch Wärme und direktes Sonnenlicht wird die Bildung des Silberniederschlags begünstigt, durch Kälte und Dunkelheit verzögert. Schliesslich wird die Platte aus der Küvette gehoben, mit reinem Wasser abgespült, getrocknet und lackiert.

Das Einbringen der Tafeln in die Küvette hat natürlich seine besonderen Schwierigkeiten, wenn jene eine nur einigermassen beträchtliche Grösse haben. In diesem Falle thut man besser, die Tafel horizontal auf den Deckel eines mit heissem Wasser oder Dampf zu erwärmenden Kastens zu legen und die Mischung 2 bis 3 mm hoch darauf zu giessen.

Die abgegossene Flüssigkeit enthält immer noch bedeutende Silbermengen, teils gelöst, teils in feinpulverigem Zustande; sie ist daher sorgfältig zu sammeln und zur gelegentlichen Wiedergewinnung des Silbers aufzubewahren. Man säuert zu dem Ende die Flüssigkeit mit Schwefelsäure an, fällt das Silber als Chlorsilber durch Kochsalzlösung, lässt dieses gemeinschaftlich mit dem Silberpulver absetzen, trocknet den Niederschlag und schmilzt ihn mit der 2 bis 3fachen Menge kohlensauren Natrons in einem hessischen Tiegel in lebhafter Weissglut zu metallischem Silber ein, löst dieses in dem doppelten Gewichte reiner Salpetersäure von 1,20 spez. Gewicht, dampft die Lösung zur Trockne und schmilzt die erhaltene Salzmasse zur Verjagung etwa überschüssig vorhandener Salpetersäure bei stärkerer Hitze. Das so erhaltene geschmolzene salpetersaure Silberoxyd (Höllenstein), das man auf eine Eisenplatte oder in Formen gegossen erkalten lässt, ist dann sofort zur Anfertigung neuer Bäder verwendbar.

Zur Schonung des Silberbelags ist statt des Firnisses auch eine Verstärkung desselben durch Verkupferung auf galvanischem Wege in Vorschlag gebracht worden.

Die hierzu nötige Flüssigkeit erhält man, wenn man eine Auflösung von 25 Tln. Kupfervitriol in 100 Tln. Wasser, mit einer andern von 28 Tln. Seignettesalz in 100 Tln. Wasser vermischt und soviel kaustische Natronlauge zusetzt, bis sich der Niederschlag eben löst; die versilberte Glasplatte und eine ebenso grosse Kupferplatte werden in 1 cm Abstand voneinander in die Flüssigkeit gelegt und mit den Polen einer konstant wirkenden Batterie verbunden.

Am besten durchgearbeitet erscheint die Methode von Martin in Paris, welcher auch in seinen Veröffentlichungen auf Details aufmerksam macht, die, vernachlässigt, oder, was sehr leicht geschehen kann, übersehen, sehr häufig die Ursache des Misslingens gewesen sein mögen.

Martin benutzt folgende Lösungen:

1) Silberlösung aus 1 Gewichtsteil salpetersaurem Silberoxyd und 25 Teilen Wasser.
2) Ammoniaklösung aus 70 ccm Salmiakgeist von 0,912 spez. Gewicht und 930 ccm Wasser.
3) Kalilösung aus 1 Gewichtsteil kohlensäure- und chlorfreiem Kali und 25 Teilen Wasser.
4) Zuckerlösung aus 25 g weissem Kandiszucker, welche in 250 g Wasser gelöst, mit 3 g Salpetersäure versetzt und 10 Minuten lang gekocht werden. Nach beendetem Sieden neutralisiert man die Flüssigkeit durch tropfenweisen Zusatz der Lösung 3 annähernd, fügt noch 50 ccm Alkohol und soviel Wasser hinzu, dass das Volum der gesamten Flüssigkeit 500 ccm beträgt.

Unmittelbar vor dem Gebrauche werden diese Flüssigkeiten zu gleichen Volumteilen gemischt, wobei eine anfangs entstandene Trübung wieder verschwinden muss und dann ohne Erwärmung zur Versilberung verwendet, welche letztere etwa in 10 Minuten beendet ist.

Für die praktische Ausführung selbst sind von Martin mehrfache Vorschriften erteilt worden, die sich etwa folgendermassen kurz zusammenfassen lassen.

Das zu versilbernde Glas wird zunächst höchst sorgfältig von allem Staub gereinigt, wozu sehr zweckmässig ein weicher Dachshaarpinsel verwendet wird; alsdann bringt man auf dasselbe einige Tropfen Salpetersäure, verreibt dieselbe auf der Oberfläche des Glases mittels eines Bausches aus gekrempelter Baumwolle, spült mit vielem Wasser und trocknet sorgfältig ab, wozu man sich nur eines völlig reinen Leinentuches bediene. Dieses Abreiben wiederhole man sodann noch unter Aufgiessen von etwas Alkohol, dem ein gleiches Volumen der Kalilösung Nr. 3 zugesetzt wurde. Diese Flüssigkeit besitzt die Eigenschaft, das Glas zu benetzen, ohne von den Rändern desselben zurückzutreten, wie dies bei Flüssigkeiten anderer Art häufig zu geschehen pflegt. Das so bedeckte Glas taucht man in eine, reines Wasser enthaltende Schale, dabei Sorge tragend, dass zwischen demselben und dem Boden der Schale etwa 0,5 cm Wasser sich befindet, was durch Stützen der Platte auf drei Holzkeilchen leicht zu erreichen ist. Hierauf erteilt man der Schale eine schwache oszillierende Bewegung, so dass das Wasser die das Glas bedeckende alkalische Schicht ablöst. Auch die Versilberungsflüssigkeit giesst man in eine flache Schale und bringt dann das Glas direkt aus dem Wasser in dieselbe, so dass es, wie vorhin beschrieben, auch hier etwa 0,5 cm vom Boden absteht.

Wenn die sämtlichen Lösungen richtig bereitet wurden, so ist die Versilberungsflüssigkeit anfangs vollkommen klar und durchsichtig; nach einer halben Minute muss sie dann rötlichgelb erscheinen und nur allmählich durch Braungelb in völliges Schwarz übergehen. Ist die letztere Färbung eingetreten, so beginnt das Silber auf die Wandungen der Schale sowohl wie auf das eingetauchte Glas in regelmässiger streifenloser Schicht von weisser Farbe sich abzusetzen.

Wenn an der Oberfläche der Flüssigkeit kleine silberglänzende Blättchen erscheinen, ist die Operation als beendet anzusehen. Man hebt das versilberte Glas alsbald aus dem Bade, wäscht es mit vielem, zuletzt mit destilliertem Wasser, stellt es zum Abtropfen hochkantig auf eine Unterlage von Fliesspapier und lässt trocknen.

Mit Rücksicht auf das häufige Misslingen der Operation ist die Wahrnehmung Martins, dass die zur Anwendung kommenden Alkalien völlig kohlensäurefrei sein müssen von um so grösserem Interesse, je schwieriger es scheint, dieser Bedingung zu genügen. Ein grösserer Gehalt von Kohlensäure im Ammoniak und Kali veranlasst in der Flüssigkeit einen weissen Niederschlag, der sich beim Zugiessen der Zuckerlösung rasch färbt und es findet alsdann die Reduktion des Silbers mehr im Bade selbst, als auf der Oberfläche des Glases statt. Aber schon ganz geringe Mengen von Kohlensäure bewirken auf der Versilberung matte Flecken, welche nicht wieder zu entfernen sind.

Auch die Herstellung der Ammoniaklösung muss mit aller Sorgfalt vorgenommen werden. Ist diese zu konzentriert, so bleibt das fertige Silberbad klar und nimmt nur eine violette Färbung an. Die Versilberung fällt in diesem Falle sehr dünn aus und erscheint im durchfallenden Lichte matt und gelblich, während eine tadellose Versilberung, wie schon erwähnt, vorwiegend für blaues Licht durchlassend ist. Der ganze Prozess vollzieht sich unter diesen Umständen nur äusserst langsam und unvollkommen. Ist dagegen die Konzentration der Ammoniaklösung die angegebene, so zieht die Farbe des Versilberungsbades mehr ins Bräunliche und die Ausscheidung der schön glänzenden Silberschicht vollzieht sich nach etwa 5 Minuten. Bei auffallendem Licht grünlich erscheinende Töne mit marmorartigen Flecken rühren von einer unzulänglichen Reinigung der Glasfläche her. Zur besseren Vermeidung dieses Fehlers sei daher hier noch ganz besonders auf die Verwendung der Fluorwasserstoffsäure als Reinigungsmittel aufmerksam gemacht. Will man sich derselben bedienen, so verdünne man die im Handel vorkommende Säure mit der 4 bis 5fachen Menge Wasser, reibe die Oberfläche des Glases mit dieser Lösung ab und spüle mit reichlichem Wasser nach. Durch diese Operation wird auf dem Glase eine äusserst dünne Schicht gelöst und eine lebhaft glänzende Oberfläche blossgelegt.

War hingegen die Ammoniakflüssigkeit zu geringhaltig, so trübt sich das Bad auf Zusatz der Kalilösung.

Den grössten Schwierigkeiten begegnet man bei der Zusammensetzung der Zuckerlösung, da die Konzentration je nach der herrschenden Temperatur eine verschiedene, eine stärkere im Winter, im Sommer dagegen eine schwächere sein muss. Man wird daher vor jedesmaligem Gebrauche zweckmässiger Weise durch einen vorläufigen Versuch feststellen, ob die Reduktionsflüssigkeit die richtige Konzentration besitze, oder nicht. Ist nämlich die letztere zu gering, so tritt die Reduktion zu langsam ein und bleibt unvollständig; man kann in diesem Falle allerdings dem Fehler durch einen grösseren Zusatz von Zuckerlösung zu dem Bade abhelfen; ist aber die besagte Flüssigkeit zu konzentriert, so wirkt sie zu stürmisch, die Reduktion des Silbers findet wieder hauptsächlich innerhalb des Bades statt und lässt sich nur schwer regulieren.

Die bisher besprochene Versilberungsmethode ist aber kaum anwendbar für Spiegel, welche grösser sind, als 0,25 m im Quadrat, da sie bei grösseren Spiegeln zu schnell arbeitet. Behufs Versilberung der letzteren hat man obige Vorschrift nach Foucault folgendermassen abzuändern.

Nr. 1) 6 g Aetznatron, 12 ccm Ammoniak von 0,963 spez. Gewicht, 800 ccm Wasser.

Nr. 2) 14 g salpetersaures Silberoxyd, 100 ccm Wasser, 20 g Ammoniak.

Nr. 3) 5 g Zucker, 50 g Wasser und weiter behandelt, wie oben angegeben.

Die dem Bade zuzusetzende Menge der Lösung Nr. 3 muss, wie oben, durch einen vorläufigen Versuch vor Beginn der Arbeit festgestellt werden; als Norm gelte hierbei, dass das fertige Bad erst nach 3 bis 5 Minuten eine rotbraune Färbung zeigen soll.

Allen diesen Methoden gegenüber erscheint die von Siemens angegebene am einfachsten. Man löst nach derselben 4 g salpetersaures Silberoxyd und 2½ g käufliches Aldehydammoniak in 1000 ccm Wasser und bringt das die Lösung enthaltende Gefäss in ein Wasserbad, welches man sehr allmählich erwärmt. Die Ausscheidung des Silbers beginnt sobald die Temperatur auf 55° C. gestiegen ist und sie ist in der Regel, bei weiterem Erwärmen, bei 60° beendet. Der anfänglich schwarz erscheinende Silberniederschlag gewinnt allmählich immer mehr an Glanz und zeigt endlich die reine Silberfarbe, welche bei längerem Verweilen des zu versilbernden Gegenstandes in dem Bade wieder beeinträchtigt werden würde, weshalb man jenen dann sofort aus dem letzteren entfernen muss. Reichliches Abspülen darf auch hier nicht übersehen werden.

Wir würden, und zwar ohne Gewinn, den Gegenstand über die Gebühr ausdehnen, wenn wir alle übrigen noch vorhandenen Vorschriften, die zum Versilbern des Glases veröffentlicht worden sind, mitteilen wollten. Sie laufen sämtlich darauf hinaus, das Silber aus der einen oder andern in Wasser gelösten Verbindung in metallischer Form als glänzende, zusammenhängende Schicht abzuscheiden. Ausser den oben angeführten Reduktionsmitteln, Weinsäure, Oxyweinsäure, Invertzucker, Aldehyd, gibt es noch sehr viele andere organische Verbindungen, welche in ähnlicher Weise zersetzend auf Silberlösungen wirken, z. B. Essigsäure, Pyrogallussäure, Milchzucker, Gerbsäure; ebenso wirken auch manche anorganische Verbindungen, z. B. Eisen- und Kupferoxydulsalze, Phosphor, phosphorig- und arsenigsaure Salze, Wasserstoffsuperoxyd etc. Nicht alle diese Verbindungen sind jedoch zur Erzeugung der Silberbeläge geeignet, sondern nur solche, welche in ähnlicher Weise, wie die in den vorstehenden Vorschriften aufgeführten das Silber in blättrig-kristallinischer Form ausscheiden, da nur dann der Ueberzug hohen Glanz zeigt. Andere, so namentlich Eisenoxydulsalze und Pyrogallussäure fällen das Silber als graues, körnig-pulveriges glanzloses Metall, welches seinerseits vorzüglich geeignet ist, auf belichteten photographischen Platten durch seine ungleichartigen Ablagerungen Bilder hervorzurufen.

Während wir daher auf die Mitteilungen weiterer Vorschriften verzichten, können wir den Gegenstand nicht verlassen, ohne einer neueren Arbeit Benraths*) über die Herstellung der Silberbeläge zu gedenken, um so mehr, als dieselbe insbesondere die Versilberung grosser Tafeln ins Auge fasst. Benrath wandte sich bei seinen Versuchen dem am meisten Vertrauen erweckenden modifizierten Martinschen Verfahren zu, und kam es ihm hauptsächlich darauf an, die Hindernisse zu beseitigen, welche der Anwendung desselben zur fabrikmässigen Herstellung grosser Spiegel entgegentraten.

Als solche musste nämlich nicht nur die grosse Konzentration der Silberlösungen, welche das Verfahren für die Praxis zu kostspielig erscheinen liess, erkannt werden, sondern namentlich auch der Umstand, dass die Flüssigkeit in ein Gefäss gebracht und die zu versilbernde Platte, wie oben ausgeführt, gewissermassen über derselben sich befinden musste, weil andernfalls der Belag löcherig wurde.

*) Sprechsaal 1881. 130.

Als Grund für diese letztere Erscheinung erkannte Benrath das unzeitige Auftreten eines körnigen Niederschlags in dem Bade, welcher, gleichzeitig mit dem Silberbelag sich auf die Platte ablagernd, jenen siebartig durchlöcherte, dessen Bildung aber vermieden werden konnte, wenn die drei Flüssigkeiten 24 Stunden vor der Verwendung gemischt wurden und dann bis zum Gebrauche stehen blieben. In der anfangs klaren Flüssigkeit schied sich dabei ein staubförmiger schwarzer Niederschlag ab. Die Flüssigkeiten selbst komponierte Benrath in folgender Weise:

I. 800 g Höllenstein, 1200 g salpetersaures Ammoniak, beides gelöst in 10 l Wasser.

II. 1300 g reines kaustisches Natron (besser als Kali weil leichter chlorfrei zu erhalten) gelöst in 10 l Wasser.

III. 150 g Hutzucker und 15 g kristallisierte Weinsäure werden in 0,5 l Wasser gelöst; die Lösung lässt man mindestens $^1/_2$ Stunde sieden, wobei verdampfendes Wasser ersetzt wird, ehe eine Bräunung der Flüssigkeit eintritt, und verdünnt schliesslich auf 4200 ccm.

Von den Lösungen I und II mischt man nun je 1 l mit 8 l Wasser, schüttelt alles gut durch und lässt mindestens 12 Stunden, besser noch länger, an einem dunkeln Orte behufs Abscheidung des sich bildenden schwarzen Niederschlags stehen, von welchem letzteren sodann die hiermit fertige Versilberungsflüssigkeit klar abgegossen wird.

Soll nun ein Spiegel versilbert werden, so wird derselbe in einem recht hellen Lokal nach vorheriger, sorgfältigster Reinigung in oben besprochener Weise, auf einem Tische durch untergeschobene Holzkeile in völlig horizontale Lage gebracht. Nun misst man hier jeden Quadratzentimeter zu versilbernder Fläche 1,5 ccm Versilberungsflüssigkeit in ein Gefäss, setzt je nach Helligkeit und Temperatur des Arbeitsraumes 7 bis 10 Prozent der Reduktionsflüssigkeit III hinzu, mengt durch Umrühren oder Umschwenken rasch und innig und giesst das Gemisch in ganz gleichmässigem Strahle auf die Glastafel. Die Reduktion beginnt sofort; die Farbe der Flüssigkeit spielt durch Rosa und Violett ins Schwarze hinüber, um endlich gänzlicher Farblosigkeit zu weichen. Ist dies nach etwa 7 Minuten eingetreten, so ist der ganze Prozess als beendet anzusehen, dessen regelmässigen Verlauf man durch fortgesetztes Blasen auf die Oberfläche der Flüssigkeit, wodurch diese in wellenförmige Bewegung versetzt wird, noch unterstützen kann.

Der so gewonnene Silberüberzug ist noch sehr schwach, vielleicht auch hier und da durchlöchert und man gibt deshalb einen zweiten darüber, Zu dem Ende nimmt man mittels eines Schwammes behutsam die Flüssigkeit von der Platte, wischt mit grosser Vorsicht, um den Belag nicht zu beschädigen auf letzterem lagerndes Silberpulver ab, gibt mehrmals neues Wasser auf die Platte, welches man immer wieder mit dem Schwamme aufsaugt und giesst endlich eine neu gemischte Versilberungsflüssigkeit auf, jedoch nur halb soviel, als das erste Mal. Noch schneller vollzieht sich jetzt der Prozess und es wird nun die Platte abermals gut gereinigt, sehr flüssig abgespült, um auch die letzten Spuren von Natron, welche, wenn sie zurückblieben, mit der Zeit Flecken erzeugen würden,

zu entfernen und zum Abtropfen und Trocknen aufrecht an einen warmen Ort gebracht.

Zur Versilberung der innern Fläche grosser Glaskugeln giesst man nur kleine Mengen der Versilberungsflüssigkeit auf einmal in dieselben, um die Innenseite gleichmässig damit zu benetzen und dreht dann solange, bis die erste dünne Silberschicht entstanden ist. Nach einer zwei- bis dreimaligen Wiederholung dieses Verfahrens hat man mit wenig Kosten eine grosse Glaskugel versilbert. Die Ausführung der Arbeit macht keine Schwierigkeit, sobald nur die Innenfläche der Kugel gründlich gereinigt ist. In dieser Beziehung macht Weisskopf darauf aufmerksam, dass das Auftreiben der Glaskugeln, wenigstens derjenigen grösseren Kalibers auf den Glashütten meistens durch Wasser geschieht, wie dies bei der Fabrikation der Säureballons besprochen wurde, welches der Glasmacher in den Mund nimmt und durch die Pfeife in das Innere der Kugel spritzt. Dadurch geschehe es wohl, dass an das Glas sich Fettteilchen oder deren Destillationsprodukte anlegen, welche das Anhaften der Silberschicht verhindern. Ferner sammeln sich Staub und Unreinlichkeiten auf dem Lager, beim Verpacken, während des Transports im Innern der Kugeln und eine gründliche Reinigung sei daher vor der Versilberung unerlässlich. Am zweckmässigsten verfahre man hierbei in der Weise, dass man die Kugeln zunächst mit Wasser, dann mit nicht zu konzentrierter, lauwarmer Sodalauge, wiederholt einige Male mit Wasser, dann mit Alkohol, zuletzt solange mit destilliertem Wasser spüle, bis letzteres nicht mehr „fett" vom Glase ablaufe.

Nachdem das Wasser abgetropft, kann man gleich zur Versilberung schreiten, indem man verfährt, wie oben angegeben.

Hat man eine grosse Anzahl kleinerer Kugeln zu versilbern, so füllt man sie etwa zu einem Drittel mit der Versilberungsflüssigkeit, verschliesst sie sehr gut und schüttelt sie vermittelst eines wiegenartigen Apparats, dessen man sich zur Fabrikation der sogenannten Fischperlen bedient.

Das Belegen mit Platin. In dem Bestreben, die Spiegelfabrikation von den Uebelständen, welche die Quecksilberbelegung mit sich bringt, zu befreien, hat man, da auch die Silberbelegung anfänglich soviel zu wünschen übrig liess, auch mit dem Platin nach dieser Richtung hin Versuche gemacht. Das dabei befolgte Verfahren ist indessen von den bisher betrachteten ein gänzlich verschiedenes, insofern das Platin in der Gestalt des in der Porzellanmalerei Verwendung findenden Glanzplatins auf die hochpolierte Glasfläche aufgebrannt wird, so dass das Glas selbst nur als Unterlage dient, während die an seiner Oberfläche befindliche Metallschicht den Spiegel bildet.

Sofern es gelänge auf diese Weise einen vollkommen zusammenhängenden, glänzenden und feststehenden Platinüberzug herzustellen, so würde hierin ein nicht minder grosser Fortschritt liegen, denn das Platin ist in der Luft ganz unveränderlich und solche Spiegel würden daher unter allen Umständen ihre spiegelnde Oberfläche bewahren.

Von Dodé ist ein Verfahren angegeben worden, wodurch der beabsichtigte Zweck erreicht werden soll. Dodé hebt noch hervor, dass, während bei der Amalgam- und Silberbelegung ein fehlerfreies, farbloses

Glas nötig ist, die Fehler bei der neuen Methode durch den auf der Vorderseite angebrachten Metallüberzug verdeckt werden; es kann daher Glas von geringerem Werte verwendet werden, das nur auf einer Seite geschliffen und poliert worden ist.

Zur Darstellung von Platinspiegeln wird das Glas wie gewöhnlich vorbereitet, auf einer Seite geschliffen und poliert, dann in vertikaler Lage mittels eines Pinsels mit der Platinmischung überstrichen, zuerst von unten nach oben, dann von links nach rechts, wieder von unten nach oben und endlich von rechts nach links, so dass die ölige Masse ganz gleichförmig auf dem Glase ausgebreitet wird; von grösster Wichtigkeit ist hierbei, dass aller Staub und alle Feuchtigkeit vermieden werden. Zur Darstellung der Platinmischung löst man 100 g sorgfältig gereinigtes, sehr dünn gewalztes Platin, unter Erwärmen im Sandbade, in Königswasser, dass aus 2 Tln. Salpetersäure und 5 Tln. reiner Salzsäure besteht, dampft zur Trockne ab, zerreibt das Platinchlorid in einem Glas- oder Porzellanmörser, breitet es auf einer gläsernen Reibplatte aus und giesst rektifiziertes, von Wasser befreites Lavendelöl in kleinen Portionen zu; wollte man viel Oel auf einmal zusetzen, so würde die Temperatur zu hoch steigen und die platinhaltige Verbindung zersetzt werden. Hat man auf obige Menge Platin etwa $1\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ kg Lavendelöl zugegeben, so bringt man die Mischung in eine Porzellanschale, lässt sie 8 Tage ruhig stehen, dekantiert dann, filtriert und dekantiert nach 6 Tagen die filtrierte Flüssigkeit noch einmal, die 5^0 B. zeigen muss. Als Flussmittel für die angegebene Menge Platin nimmt man 25 g Bleiglätte und 25 g borsaures Bleioxyd, reibt sie mit 8 bis 10 g Lavendelöl vollständig fein und vereinigt sie mit der platinhaltigen Flüssigkeit. Wenn das zu platinierende Glas mit einer Schicht Platin bedeckt und vollständig trocken ist, brennt man es in der Muffel ein.

H. Schwarz, der schon vor der Erfindung Dodés solche Spiegel mit dem sogenannten Glanzplatin der Porzellanmaler dargestellt hat, mischt das Platinchlorid mit Wismutlüstre, einer Komposition von Kolophon, Terpentinöl und Wismutweiss. Wird diese Masse mit einem feinen Pinsel auf Glas gestrichen, so erhält man bei schwachem Glühen einen glänzenden festhaftenden Ueberzug. Diese Spiegel sind schön, besitzen aber immer eine düstere Färbung, die man durch Uebergehen des Platinüberzugs mit einer schwachen Schicht sogenannten Glanzgoldes, welches ebenfalls aufgebrannt werden muss, verbessern kann.

Auch von Weisskopf zu Morgenstern in Böhmen sind zahlreiche Versuche zur Darstellung von Platinspiegeln angestellt worden, und er hält sich durch dieselben zu dem Schlusse berechtigt, dass das Dodé-sche Verfahren sich für die Praxis nicht eigne, da dessen Platinpräparat nach dem Brennen selbst auf dem besten Glase einen blasigen Ueberzug gebe, abgesehen davon, dass dabei ein Verlust an Platin entstehe, dass ein weiterer Zusatz von Bleioxyd den Spiegel bleich und matt mache und endlich ein Platinspiegel, auf durchsichtiges Glas aufgetragen, durchsichtig sei, das Auftragen daher auf beiden Seiten des Glases nochmals geschehen und die Platte nach jedem Auftragen gebrannt werden müsse; erst nach viermaligem Aufbrennen erhalte man einen schönen Spiegel. Weisskopf empfiehlt daher folgendes Verfahren als praktischer. Man löst das Platinchloryd in Alkohol und verdünnt mit

Lavendelöl; das Versetzen der Lösung mit einem Flussmittel wie Bleioxyd oder Wismutweiss ist unnötig, da Platin erfahrungsmässig bei richtigem Brennen ganz fest auf dem Glase haftet. Die Anwendung schwarzer Glastafeln ist vorzuziehen, da das Platinieren nur auf einer Seite nötig ist, und man durch zweimaliges Auftragen und verhältnismässig schwaches Brennen einen schönen weissen Spiegel erhält und selbst kleine Spiegel billiger erzeugt werden als mit Zinn und Quecksilber.

Goldspiegel. Auch die Belegung mit Gold ist nicht nur in Vorschlag gebracht worden, sondern in der That auch hier und da zur praktischen Ausführung gekommen. Wir hatten wenigstens auf der Wiener Ausstellung 1873 Gelegenheit, derartige Spiegel zu sehen, welche von König und Küpfer in Bern herrührten. Obschon diese Spiegel wegen der Gelbfärbung des Spiegelbildes immer nur eine höchst beschränkte Anwendung werden finden können, mag hier über ihre Darstellung, welche auf ganz ähnlichen Prinzipien beruht, wie die der Silberbelegung, das nötige angeführt werden.

Die ersten, von Liebig empfohlenen, Methoden der Vergoldung litten an dem Fehler, dass das Gold zuweilen, ohne dass man eine Erklärung dafür zu geben wusste, pulverförmig abgeschieden wurde und infolgedessen nicht am Glase haftete. Dagegen soll das nachstehend beschriebene Verfahren Wernickes stets gute Resultate geben.

Zu demselben bedarf man dreier Lösungen und zwar

1) einer Goldlösung, welche man erhält, wenn 1 g silberfreies Gold in Königswasser gelöst, die Lösung auf dem Wasserbade zur Trockne verdampft und der Rückstand von Goldchlorid mit 120 ccm destilliertem Wasser aufgenommen wird;
2) einer Natronlösung von 1,06 spez. Gewicht, durch Auflösen von 17 g Natronhydrat in 400 g Wasser erhalten;
3) einer Reduktionsflüssigkeit, zu deren Darstellung man 100 g englische Schwefelsäure mit 70 g Wasser verdünnt, 80 g Alkohol zufügt, in die Mischung 100 g feingepulverten Braunstein einträgt, dann das Ganze aus einer Retorte destilliert und in dem Destillate 20 g Traubenzucker auflöst. Einfacher ist es aber, nach dem Vorgange Böttchers 2 g Traubenzucker in einem Gemisch aus 24 ccm Wasser, 24 ccm Alkohol von 80 Prozent und 24 ccm käuflichem Aldehyd von 0,870 spez. Gewicht aufzulösen; es ist aber rätlich diese Flüssigkeit vor dem Gebrauche stets frisch zu bereiten.

Die Goldlösung wendet Böttcher in der oben angegebenen Konzentration an, die Natronlauge hingegen nimmt er etwas stärker und zwar 6prozentig. Es sei aber nochmals darauf aufmerksam gemacht, dass das Gold frei von allen andern Metallen sein muss, die durch das Aldehyd reduziert werden, namentlich aber kein Silber enthalten darf. Dagegen kann das Natronhydrat ohne Gefahr etwas Chlor oder Schwefelsäure enthalten.

Das Goldbad selbst wird aus je 16 ccm der Goldlösung und der Natronlauge, sowie aus 1 ccm der Reduktionsflüssigkeit gemischt und

im übrigen ähnlich wie bei der Versilberung verfahren. Auch hier ist der Aufwand an Edelmetall ein verhältnismässig geringer, da nur wenig Gold auf dem Glase sich absetzt, während der grössere Teil in der Flüssigkeit suspendiert bleibt und durch Abfiltrieren und Glühen wieder gewonnen wird.

Auch eine Lösung reinen Glycerins von 28° B. in einem gleichen Volum destillierten Wassers ist als Reduktionsmittel vorgeschlagen worden. Man löst die 1 g Feingold entsprechende Menge Goldchlorid (= 1,542 g) in 200 ccm Wasser und setzt Aetznatron bis zur alkalischen Reaktion zu, worauf man zu der Lösung noch 2 bis 3 ccm des verdünnten Glycerins mischt. Alsbald färbt das Goldbad sich dunkelgrün und nach kurzer Zeit ist die Abscheidung des Metalls beendet.

So erhaltene Goldüberzüge lassen sich schliesslich noch durch Ueberziehen mit einem leicht schmelzbaren Glasflusse und Einbrennen desselben in der Muffel auf der Tafel befestigen.

Dreizehntes Kapitel.

Perlenfabrikation.

Die Anfertigung von Perlen war, wie aus dem Auffinden von Halsbändern und andern Schmucksachen in den Gräbern dahin geschwundener Kulturvölker, namentlich der Aegypter, hervorgeht, schon dem hohen Altertume bekannt. Diese Industrie, die im Verlaufe der Zeiten eine so grosse Wichtigkeit erlangt hat, wurde durch die Venezianer nach Europa verpflanzt, wo sie zuerst in Venedig selbst, später auf der Insel Murano, längere Zeit ausschliesslich betrieben wurde, und noch jetzt liefern die dortigen Fabriken jährlich gegen 50 000 Ztr. Perlen, teils aus Email, teils aus durchsichtigem Glase.

Die Perlen sind entweder rund oder facettiert, von verschiedener Grösse und von verschieden gefärbtem Glase und dienen zur Herstellung von Halsbändern, Rosenkränzen und verschiedenen andern Schmucksachen der Frauen.

Ihre Fabrikation besteht, insofern die später zu besprechenden, vor der Lampe geblasenen hier nicht in Frage kommen, in dem Ausziehen cylindrischer oder eckiger Röhren von weissem oder farbigem Glase in beliebiger Länge, in dem Zerschneiden der Röhre in kleine Stücke ohne oder mit nachfolgender Abrunduug, je nachdem längliche Schmelzperlen oder rundliche Stick- und Strickperlen erzeugt werden sollen.

Die Anfertigung der zur Perlenfabrikation verwendeteten Röhren weicht in der Regel von dem früher beschriebenen Verfahren wegen der erforderlichen Feinheit der ersteren etwas ab. Der Glasmacher nimmt mit einem Eisen die erforderliche Quantität Glas aus dem Hafen und bildet aus derselben durch Marbeln einen kurzen Cylinder, welchen ein Gehilfe sodann mit einem vorne abgerundeten Eisenstabe möglichst zentral durchsticht. Nach dem Anwärmen wird an das offene Ende ein Pontil angeheftet und der Cylinder sodann in ein 100 und mehr Meter langes, dünnes Röhrchen ausgezogen. Das Gelingen der Opera-

tion hängt von der Schnelligkeit des Ausziehens, sowie von dem richtigen Bemessen der aufzunehmenden Glasmenge ab und erfordert bedeutende Uebung. Dahingegen bietet die Anfertigung der Röhren für solche Perlen, welche auf einer opakweissen Unterlage farbige, namentlich rote, durchsichtige Ueberzüge zeigen, keine besonderen Schwierigkeiten, insofern der gemarbelte Cylinder nur nach einer der früher besprochenen Methoden überfangen wird.

Von den nach ihren Durchmesser sortierten und in Stücke von geeigneter Länge geschnittenen Röhren werden so viele als deren ein Arbeiter mit der Hand zu fassen vermag zusammengenommen, ihre Enden durch Anstossen an eine flache Wand in eine Ebene gebracht und so dem Zerschneiden unterworfen.

Zu diesem Zwecke legt der Arbeiter die Enden eines Bündels, so dass sie etwa um die Länge ihres Durchmessers vorstehen, auf die untere Klinge eines aus zwei schweren Messern bestehenden Schneidapparats und lässt die obere Klinge herabfallen, so dass die Enden der Glasröhre abgetrennt werden. Dies Messer ist ziemlich schwer und dick, so dass es mehr durch Fall als durch Druck wirkt. Nach jedem Schlage wird die Röhrchenreihe entsprechend vorwärts geschoben; das Zerteilen geht schnell, fordert aber geschickte Hände und es scheint, als ob Versuche, diese Arbeit mechanischen Vorrichtungen zu übertragen bisher wenig Erfolg gehabt.

An Splittern und Abfall fehlt es trotzdem nicht, weil nicht nur Unachtsamkeit des Arbeiters, sondern auch Bläschen, Steinchen und andere Ungleichförmigkeiten an den Röhrchen hierzu Veranlassung werden. Diese unbrauchbaren Teile werden von den Abschnitten selbst durch mehrmaliges Sieben getrennt und letztere sodann dem Abrunden unterworfen.

Diese Operation hat zum Zweck, durch ein teilweises Erweichen die scharfen Kanten zu beseitigen, wobei man jedoch darauf Bedacht nehmen muss, dass sich die Oeffnungen der Perlen nicht verstopfen. Zu dem Ende wirft man die Abschnitte in eine, ein Gemenge von feingeriebenem Thon, Asche oder Kalk mit Kohlenpulver oder Graphit, enthaltende Büchse; durch Schütteln begibt sich das Pulver in das Innere der kleinen Röhren, und verhindert, dass sie sich während des späteren Erweichens verengern. So vorbereitet warf man sie früher in einen bis zum Rotglühen erhitzten eisernen Kessel, in welchen man noch etwas von dem obigen Pulver gethan hatte, um durch dasselbe ein Aneinanderbacken der Teilchen zu verhüten. Indem man alles längere Zeit untereinander rührte, kam jedes Stück wiederholt mit den glühenden Wänden des Kessels in Berührung, wodurch die Kanten und und scharfen Ränder eine beginnende Schmelzung erlitten. Statt des eisernen Kessels dient jetzt eine durch Pussinich eingeführte eiserne Trommel, die, während sie in einem Ofen bis zum Rotglühen erhitzt, um ihre Achse gedreht wird. Wenn die Perlen nach einer hinreichend lange fortgesetzten Bewegung die nötige Abrundung zeigen, werden sie zum Erkalten auf einer eisernen Platte ausgebreitet.

Die von ihren scharfen Rändern nunmehr befreiten Perlen trennt man von der pulverigen Substanz, mit welcher sie gefüllt und gemengt waren, durch längeres Schütteln in feinen Sieben, in welchen sie zurückbleiben, während das Pulver durchfällt. Sodann bringt man die ge-

reinigten Perlen auf eine wenig geneigte, in mässiger Bewegung erhaltene schiefe Fläche, über welche die runden Stücke leicht abrollen, während die missgestalteten und fehlerhaften liegen bleiben und ausgeschieden werden. Schliesslich bringt man die sortierten Perlen in einen Sack mit feinem Sande, in welchem sie durch anhaltendes Hin- und Herschwingen leicht abgeschliffen werden, worauf sie durch die gleiche Behandlung in einem mit Kleie gefüllten Sacke eine Politur erhalten. Nachdem sie auch von der Kleie durch Absieben getrennt worden, werden sie auf Schnüre gezogen, indem die damit beschäftigten Frauen mit Drahtnadeln, welche an die Schnüre angedreht wurden, in die mit den Perlen gefüllten Kästen stechen und die auf diese Weise aufgenommenen auf die Fäden streifen.

Die Grösse der Perlen hängt demnach lediglich von dem Durchmesser der betreffenden Röhrchen ab und man kann sie daher leicht in den verschiedensten Stärken gewinnen. In der That lassen sich dann auch auf die beschriebene Weise noch Perlen bis zur Erbsengrösse gewinnen, aber sie fallen dann nicht mehr schön und regelmässig aus. Nicht nur werden Abweichungen in der Form viel merkbarer, es gelingt auch mit zunehmender Wandstärke das Abrunden immer weniger leicht. Will man aber, dies zu erreichen, höhere Temperaturen anwenden, so drücken sich die zu weich gewordenen Perlen vermöge ihrer eigenen Schwere und bekommen Ecken und Flächen.

Grössere Perlen zu Schnuren, Rosenkränzen und dergl. werden daher in folgender Weise gewonnen. Der Arbeiter sitzt auf einem Schemel vor der Arbeitsöffnung eines kleinen elliptischen Ofens, neben ihm zur Linken steht ein niedriger Stock mit einem Auflegeeisen, zur Rechten ein flaches Thongefäss mit Thonbrei. Er taucht nun einen etwa 60 cm langen in eine konische Spitze auslaufenden eisernen Stab mit der Spitze zuerst in den Thonbrei und wenn dieser durch Anwärmen trocken geworden, in einen mit flüssigem Glase (farblosem oder gefärbtem) gefüllten Hafen, nimmt einen Tropfen Glas auf und dreht den Stab schnell um seine Achse, wobei er die Spitze nach oben hält, damit dieselbe vom Glase frei wird, zuerst im Ofen und nach dem Herausziehen solange im Freien, bis die aufgenommene Glasmasse eine rundliche Form angenommen hat, worauf er den zu einem Ringe gestalteten Tropfen zum Abkühlen in ein bereit stehendes Gefäss fallen lässt. Gewöhnlich ist der Arbeiter mit zwei solcher Stäbchen versehen, so dass der eine Stab, mit einer Perle daran, abkühlt, während er mit dem andern eine neue Perle anfertigt. Durch die schnelle Umdrehung wickelt sich der Glastropfen um den Eisendraht und behält, indem er schnell abkühlt, seine Oeffnung, welche durch den eisernen Stab, der so die Stelle eines Locheisens vertritt, gebildet worden ist.

Die Schmelzperlen (Stiftenschmelzen) in der Länge von 5 bis 10 mm aus denselben Röhrchen in derselben Weise gebrochen wie die Stickperlen, können, wie bereits erwähnt, der Operation des Abrundens nicht unterworfen werden, weil hierbei dieselben ihrer grösseren Länge wegen sich biegen und krümmen würden.

Um dem Schmelz das perlenartige oder atlasglänzende Ansehen zu geben, muss das Glas im Hafen solange h a s t i g umgerührt werden,

bis es die zum Verarbeiten nötige Konsistenz erlangt hat. Hierbei kommt es darauf an möglichst viel Luft unter die Glasmasse zu bringen und in die feinsten Bläschen zu verteilen, wodurch der eigentümliche Reflex und der Atlasglanz hervorgebracht werden. Meistens sieht man nur weissen und schwarzen Schmelz, es braucht aber kaum der Bemerkung, dass man ihn auch in andern Farben mehrfarbig und gemustert würde anfertigen können.

Facettierte Perlen erhält man aus Röhren, deren Erzeugungscylinder vor dem Ausziehen durch Pressen, Formen oder Schleifen entsprechend façonniert worden war. Indem ein solches Prisma zu einer Röhre ausgezogen wird, behält jeder Querschnitt der letzteren eine dem des Grundprismas ähnliche Gestalt. Grössere Perlen werden einzeln geschliffen oder durch Aufschmelzen von bunten Fäden, Tropfen und dergl. aufs mannigfachste verziert.

Vierzehntes Kapitel.

Arbeiten vor der Glasbläserlampe.

Die Zahl der Gegenstände, die von Glas vor der Lampe angefertigt werden, ist sehr gross, so dass es kaum möglich sein würde, sie alle namentlich aufzuführen; als die häufigsten nennen wir nur Thermometer, Barometer, Aerometer, viele physikalische und chemische Apparate, künstliche Augen, gesponnenes Glas, Nadeln mit Glasköpfen, Broschen, Blumen u. s. w.

Das hauptsächlichste Werkzeug des Lampenbläsers ist das Gebläse selbst. Für kleinere, gelegentliche Arbeiten können die in verschiedenen Formen, deren eine in **Fig. 352, Taf. XXX**, vorgeführt ist, gebräuchlichen Aeolipilen dienen. Eine kupferne Kugel *A* ist mit einer Oeffnung *B* versehen, welche zum Einfüllen von Alkohol und nach dem Verschlusse mit einem gut passenden Kork beim Erhitzen der Kugel gleichzeitig als Sicherheitsventil dient. Unter der Kugel befindet sich eine Weingeistlampe *D*, durch deren Flamme der etwa $^2/_3$ des inneren Raums der Kugel einnehmende Alkohol ins Sieden gerät und seine Dämpfe durch das bis in das obere Drittel der Kugel geführte Rohr *C* in die Flamme der Lampe *D* sendet, so dass eine kräftige, hochtemperierte Spitzflamme nach vorne aus dem hier durchbrochenen Blechmantel des Apparats austritt.

Vollkommener ist das in **Fig. 353, Taf. XXX,** abgebildete Gebläse, welches aus einem mit dem Fusse zu tretenden Kautschukblasebalg *B*, einem eben solchen Windsammler *W*, einem beide verbindenden Kautschukschlauche *R* und einem Blasrohr *S* besteht. Das letztere trägt entweder eine einfache aus Messing, besser von Platin gebildete, auswechselbare Spitze mit einer $^1/_2$ bis 2 mm weiten Bohrung, vermöge deren der Windstrom in die Flamme einer zugehörigen Oellampe geblasen wird oder es ist, wie die Figur zeigt, diese Spitze mit einer weiteren Röhre ummantelt, in welche mittels eines seitlichen Ansatzes

und daran befestigten Gummischlauchs *G* Leuchtgas eingeführt werden kann, so dass der Luftstrom in die aus *S* austretende Gasflamme völlig zentral eingeblasen wird. Diese Apparate sind für die meisten vorkommenden Glasbläserarbeiten vollkommen genügend.

Kräftiger noch wird Windstrom und Flamme bei dem sogenannten Glasbläsertische **Fig. 354, Taf. XXX**, welcher zwischen seinen Beinen einen mit den Füssen zu tretenden Blasebalg trägt, der seinerseits den Windstrom durch ein entsprechend gebogenes Bleirohr der aus der Tischplatte heraustretenden Ausströmungsspitze zuschickt. Selbstverständlich kann auch hier eine der oben beschriebenen ähnliche Vorrichtung für Leuchtgas in Anwendung kommen, während man bei fehlendem Gase die Lampe anwendet, welche aus einem etwa 5 cm hohen, 15 bis 20 cm langen und 10 cm breiten ovalen Kästchen aus Weissblech nebst Untersatz besteht. An der schmalen Seite des in der Mitte geteilten und dort um ein Scharnier von beiden Seiten aufklappbaren Deckels ist ein rundes, etwa 2,5 cm grosses Loch ausgeschnitten, welches dem durch eine innerhalb des Kastens befindliche Tülle festgehaltenen Dochte den Durchgang gestattet. Man speist die Lampe entweder mit Oel oder Talg, wobei man sie möglichst voll erhält; Talg gibt eine stärkere Hitze als Oel. Der Docht besteht aus nebeneinander liegenden losen Baumwollenfäden und wird am besten dadurch zusammengehalten, dass man die Fäden in einen runden gewebten Docht einzieht. Man lässt den Docht etwa 10 bis 12 mm vorstehen, streicht die Mitte glatt und gleichmässig auseinander und leitet den Wind durch die so gebildete Rinne. Je nachdem man die Mündung des Gebläses nur bis vor den Docht reichen lässt, oder mehr oder weniger tief in denselben hineinrückt, erhält man eine grössere oder breitere, oder eine schmälere oder kürzere Flamme. Bedarf man einer sehr grossen Flamme, so muss man den Docht weiter herausziehen und ein weiteres Mundstück aufsetzen, und etwas weniger gepressten Wind anwenden; für sehr spitze Flammen begnügt man sich mit einem kurz brennenden Docht, wendet aber Wind von starker Pressung an.

Wie man sieht ist das Verhältnis der Spitzenweite zur Dochtstärke und Dochthöhe nicht gleichgültig für den Erfolg und nur nach langer Uebung wird der Glasbläser dasselbe richtig bestimmen lernen. Nach Danger soll sein in Millimetern

Spitzenweite	Dochtstärke	Dochthöhe über dem Oelspiegel
0,3	7	13
0,6	13	13
1,2	27	20
1,8	40	27
2,3	54	34

Rücksichtlich der Ausströmungsspitze sei noch bemerkt, dass dieselbe gewissermassen der Individualität der Glasbläser angepasst sein muss, da nicht jeder Arbeiter der letzteren mit einer Spitze dieselbe Flamme zu erzeugen vermag als ein anderer. Aus diesem Grunde verwarf z. B., wie ich aus persönlicher Erfahrung weiss, A. de Brunfant, diese allbekannte Autorität auf dem Gebiete der Glasbläserei, die metallenen Spitzen, indem er sich die seinigen in einfachster Weise

durch Ausziehen eines entsprechend rechtwinklig gebogenen, etwa 15 bis 20 mm weiten Glasrohres, welches er mittels Klebwachses auf die durch die Tischplatte durchtretende Mündung des Windrohrs beweglich aufklebte, herstellte.

Wo mehrere Bläser gleichzeitig arbeiten, hat man grössere Tische mit 2 bis 4 Arbeitsplätzen und einem gemeinschaftlichen Blasebalg, während in grösseren Glasbläserwerkstätten, denen Gas zu Gebote steht, an einem Tische zwanzig und mehr Arbeitsstellen angebracht sind; vor jedem Arbeiter tritt die Spitze eines Leuchtgasrohres, sowie ein Windrohr aus der Tischplatte, welches den Wind aus dem Hauptblasebalge empfängt; mittels Hähnen kann der Arbeiter, je nach der Stärke der Glasröhren oder -Stäbe, den Zufluss von Gas und Wind beliebig regulieren. Die Spitzen können selbstverständlich auch hier nach Bedürfnis gewechselt werden.

Wenige, einfache Geräte genügen, das Werkzeug des Glasbläsers zu komplettieren. Eine Schere zum Putzen des Dochtes, eine Pinzette ihn aus der Tülle zu ziehen und zu egalisieren, eine flache Zange, eine dreieckige Feile, ein feiner Schleifstein zum Abschleifen von Röhrenenden, ein Röhrenhalter, etwa von der Einrichtung der **Fig. 355, Taf. XXX**, und endlich ein kleiner Kasten zur Aufnahme kürzerer Glasstücken ist so ziemlich alles dessen er bedarf, wozu dann noch für den Glasspinner der Fadenhaspel kommt, von welchem später die Rede sein wird.

Was die Wahl des vor der Lampe zu verarbeitenden Glases betrifft, so muss man soviel als möglich von schwer schmelzbarem, aber auch von einem zu leicht schmelzbaren Glase absehen. Ersteres erschwert im hohen Grade die Bearbeitung und wird oft infolge beginnender Entglasung während der Arbeit trübe, während letzteres die unangenehme Eigenschaft besitzt, in Tropfen abzufliessen, gleichwohl aber sehr bald wieder zu erstarren, so dass man nicht die genügende Zeit behält, es ausserhalb der Flamme zu behandeln. Ebenso vermeidet man auch die Anwendung von Bleigläsern, weil sich sehr leicht etwas Blei reduziert und die Glasmasse schwarz oder grau färbt. Es gilt als Regel, nicht verschiedene Glassorten vor der Lampe miteinander zu vereinigen; sie besitzen gewöhnlich ein ungleiches Ausdehnungsvermögen und springen daher fast ohne Ausnahme an der Lötungsstelle. — Die Röhren müssen von Sand, Staub, Feuchtigkeit und Fett vollkommen frei sein; sie dürfen weder Knötchen von Sand noch Blasen enthalten, und müssen rundum von gleicher Wandstärke sein.

Man bedarf bei der Arbeit vorzüglich zweier Arten von Flammen, einmal der sogenannten Stichflamme, welche man erhält, wenn das Mundstück etwas in den Docht hineingerückt und ein mässig gepresster Wind angewendet wird; sie konzentriert ihre ganze Hitze auf einen kleinen Raum und wirkt dort sehr rasch; zum andern die rauschende Flamme, welche entsteht, wenn man das Mundstück bis an den Docht oder nicht einmal ganz soweit heranrückt, es etwas höher rückt und möglichst gepressten Wind anwendet. Sie breitet sich weiter aus und hat ein ausgefasertes Ansehen; das eigentümliche Geräusch und die Farbe des vorderen Dritteils, welches nicht mehr stark

leuchtend, sondern durchscheinend gelbrot sein muss, ist ein sicheres Merkmal, dass die Flamme so beschaffen ist, um eine grosse Glasmenge gut zu erhitzen.

Das zu verarbeitende Glas soll nie stärker erhitzt werden, als es eben nötig ist. Je dicker die Wandstärke und je grösser das Kaliber der Röhre ist, um so vorsichtiger muss man dieselbe anwärmen durch ein anfängliches sehr rasches Bewegen über, dann vor und zuletzt in der Flamme. Ebenso muss auch das Abkühlen der verfertigten Gegenstände langsam geschehen, namentlich wenn verschieden dicke und weite Röhren zusammengelötet worden sind; es erscheint alsdann zweckmässig, die Röhre in der nicht angeblasenen Flamme stark berussen zu lassen.

Soviel es irgend angeht, müssen alle zu bearbeitenden Gegenstände immer in der Flamme und zwar stets in derselben Richtung langsam und gleichmässig gedreht werden.

Hat man Gegenstände aus vielen einzelnen Stücken zusammenzusetzen, so vollendet man einzelne Teile und setzt erst diese aneinander. Wenn die zu behandelnden Stücke so kurz sind, dass man sie der Hitze wegen nicht in der Hand halten kann, so schmelzt man sie an eine andere Röhre an und trennt letztere nach Vollendung des Gegenstandes wieder ab.

Das Zerschneiden der Glasröhren zu der erforderlichen Länge ist, wenn diese nicht zu weit und im Verhältnis sehr dünnwandig sind, sehr leicht; in den meisten Fällen genügt es, die Röhre auf der Stelle, wo sie getrennt werden soll, mit einer feinen scharfen Feile zu ritzen und dann der Länge nach kräftig zu ziehen. Sind die Röhren sehr weit und sehr dick, oder sehr dünnwandig, so macht man ebenfalls nur einen Querschnitt mit der Feile, berührt das Ende desselben mit der glühenden Spitze einer Sprengkohle, eines Eisendrahtes oder einer heissgemachten Thermometerröhre, wodurch im Glase ein Sprung entsteht, den man alsdann mit Sprengkohle weiter verfolgt. Dickwandige und zugleich sehr weite Röhren lassen sich auch dadurch trennen, dass man an der betreffenden Stelle einen gespannten Bindfaden darum legt und die Röhre in der Weise schnell hin und her bewegt dass die Schlinge stets in derselben, zur Achse der Röhre senkrechten, Ebene bleibt. Hierdurch erhitzt sich die Röhre auf der geriebenen Stelle sehr stark; bringt man nun einen Tropfen kaltes Wasser darauf, so findet die Trennung statt. Die hierbei entstehenden scharfen Ränder runden sich, wenn man das Ende der Röhre in die Flamme hält, ganz von selbst ab, man darf aber auch eben nur das Ende erhitzen, sonst sinkt die Röhre zusammen. Durch das Glattschmelzen der Ränder erhält die Mündung der Röhre zugleich eine grosse Stärke. Will man den Rand erweitern, so geschieht dies, indem man in dem äussersten bis zum Erweichen erhitzten Ende einen etwas konischen eisernen Stift schnell umdreht, soll der Rand weiter umgebogen werden, so benutzt man statt des Eisens besser ein konisch gestaltetes Stück Holzkohle; nach dem Umlegen erhitzt man das Glas nochmals bis zum Weichwerden.

Das Biegen sehr starker Röhren verursacht in der Regel keine Schwierigkeiten, nur muss das Anwärmen in dem Masse langsam erfolgen als sie dickwandig sind; damit die Röhre gleichförmig heiss werde, verschliesst man eines der Enden derselben mit einem Pfropf, damit keine Luft hindurchgehen und sie abkühlen könne. Man muss den ganzen, zur Krümmung erforderlichen Teil auf einmal und zwar den konvexen Teil, der weiter ausgedehnt werden muss, etwas stärker erhitzen. Das Glas muss hierbei soweit erweicht sein, dass man beim Biegen selbst nicht nötig hat, grosse Gewalt anzuwenden. Weniger leicht ist das Biegen weiter, dünnwandiger Röhren; dies geht überhaupt schlecht vor der Lampe; man füllt daher lieber solche Röhren mit trocknem Sande und legt sie, bis zum nötigen Erweichen, zwischen glühende Holzkohlen.

Das Ausziehen der Röhren ist in der Regel ebenfalls nicht schwierig. Man erhitzt unter stetem Umdrehen eine Stelle der Röhre auf allen Seiten gleichmässig und zieht, nachdem man sie aus der Flamme genommen, unter fortwährendem Drehen, an beiden Enden. Erhitzt man nun einen möglichst schmalen Ring der Röhre mit der Stichflamme sehr stark und zieht rasch aus, so bildet sich an beiden getrennten Teilen ein kurzer steiler Kegel, der in einen langen sehr dünnen Faden endigt; erhitzt man weniger stark, so bilden sich lange, nur allmählich sich verjüngende Spitzen. Sollen die Spitzen stark im Glase sein und die beiden Röhrenenden nicht getrennt und die Röhre mit nicht allzu sehr verminderter Wandstärke nur verjüngt werden, so erhitzt man in dem breiten rauschenden Feuer einen längeren Teil der Röhre und zieht aus. Soll die Röhre äusserlich nur wenig oder gar nicht an Dicke verlieren, die innere Oeffnung aber verjüngt, die Wandstärke somit stark vermehrt werden, so staucht man das Glas, d. h. man schiebt unter fortwährendem gleichmässigen Umdrehen beider Enden dieselben ganz langsam in dem Masse gegeneinander, dass durch das heftige Feuer die ganz weiche Röhrenstelle ihren Durchmesser vermindert.

Soll endlich eine Röhre an ihrem Ende ausgezogen werden, so biegt man, nachdem dasselbe erweicht ist, mit einem Thermometerröhrchen oder Glasstäbchen den Rand an vier diametral gegenüberliegenden Stellen einwärts, heftet das Stäbchen hier an, bringt die Röhre etwas weiter in die Flamme, dass ein grösserer Teil derselben erweicht und zieht sie mittels des angelöteten Stäbchens aus.

Um Röhren abzuschmelzen und zu verschliessen, zieht man sie, auf die oben beschriebene Weise rasch zu einem kurzen Kegel aus, wobei man die Spitzflamme vornehmlich auf den Teil der Röhre richtet wo der Abschluss gebildet werden soll. Die **Fig. 356, Taf. XXX**, in welcher diese Stelle durch *a* angedeutet ist, versinnlicht die allmähliche Entstehung des Röhrenschlusses. Den kleinen vollen Knopf, der sich an der äussersten Spitze desselben bildet, nimmt man durch Berühren mit einem glühenden Eisendraht oder einem heissen Glasstabe weg, und wiederholt dies Verfahren bis nur noch ein unbedeutendes Knötchen vorhanden ist. Am häufigsten wird ein halbkugeliger Verschluss gewünscht, zu welchem Zwecke man nach Wegnahme des Knötchens den ganzen Kegel noch einmal erhitzt und gelinde in die Röhre bläst, wäh-

rend man das verschlossene Ende nach oben hält. Soll der Boden flach sein, so drückt man den schwachrund aufgeblasenen, recht gleichmässig erhitzten Boden auf eine eben geschnittene, horizontal liegende Holzkohle, bringt aber das Glas sogleich wieder in die Flamme und lässt es darin, ohne es auf den Boden zu stellen, möglichst langsam erkalten. Soll er eingezogen sein, wie bei den Weinflaschen, so kann man entweder mit einer eisernen Spitze, die man in der Richtung der Achse der Röhre hält, in den Boden hineinstossen, oder durch Saugen die Luft in der Röhre verdünnen, und dadurch das Einstülpen des Bodens bewirken.

Soll eine enge Röhre, beispielsweise um einen Platindraht in dieselbe einzuschmelzen, seitlich mit einem feinen Loche versehen werden, so schliesst man sie an einem Ende, erhitzt die zu öffnende Stelle stark mit der Spitzflamme, lötet hier ein Stäbchen an und zieht die Seitenwand der Röhre in eine Spitze aus. Letztere erweicht man, öffnet sie, indem man in das offene Ende der Röhre bläst und verschmilzt die Ränder. Ganz in derselben Weise werden auch Kugeln seitlich geöffnet.

Um zwei Röhren von gleichem Durchmesser miteinander zu vereinigen, verschliesst man eine derselben einerseits, erweitert die beiden aneinander zu fügenden Röhrenenden, **Fig. 357 A, Taf. XXX,** erhitzt sie unter beständiger Drehung in der grossen Flamme und vereinigt sie, **Fig. 357 B, Taf. XXX.** Um die Vereinigung vollkommen zu machen, muss man die Verbindungsstelle längere Zeit in der Flamme erhitzen, um hierbei aber ein Zusammensinken der Rohrwände zu verhüten, bläst man von Zeit zu Zeit in das offene Ende. Indessen darf das Blasen nur eine kleine Anschwellung der Verbindungstelle erzeugen, **Fig. 357 C, Taf. XXX,** welche man schliesslich durch ganz schwaches Ausziehen verschwinden lässt.

Haben die zu vereinigenden Röhren verschiedenen Durchmesser, so muss man vor dem Zusammenschmelzen die weitere durch Ausziehen verengern, bis beide im Durchmesser übereinstimmen.

Sollen Röhren rechtwinklig miteinander verbunden werden, so erhitzt man die seitlich durchbohrte, an einem Ende verstopfte Röhre an der Durchbohrungsstelle, indem man sie, die letztere nach oben gerichtet, von unten her in die Flamme bringt. Das anzuschmelzende, gleichfalls am oberen Ende verstopfte Röhrchen hält man senkrecht gerade über die Oeffnung der Hauptröhre, drückt sie, nachdem beide Vereinigungsstellen genügend erweicht sind, zentral auf die Durchbohrung und erhitzt die Schweissstelle unter zeitweiligem sanften Blasen in das offene Röhrenende noch längere Zeit.

Bei allen diesen und ähnlichen Zusammenschmelzungen muss an der Schweissstelle äusserlich ein Wulst, nicht etwa eine Rinne sich bilden, da die letztere Veranlassung zu grosser Zerbrechlichkeit des Objekts sein würde. Dieser Wülste wegen sind aber die Verbindungsstellen schliesslich nochmals sehr gleichmässig zu erwärmen und durch allmähliches Entfernen aus der Flamme langsam abzukühlen, weil sonst unfehlbar ein Springen eintreten würde.

Soll eine Kugel mit dünner Wandung an das Ende einer Röhre geblasen werden, so verschliesst man dieselbe gleichmässig, erhitzt ein längeres Stück derselben und treibt die erweichte Glasmasse, indem man die Röhre senkrecht in die Höhe hält und fortwährend dreht, durch Blasen zu der gewünschten Weite auf. Hierbei erhitzt man das Glas nur bis zum Rotglühen, bläst anfangs nur gelinde, dann steigend, die Luft in die Röhre. Um eine gleichmässige Verteilung der Glasmasse zu erhalten, marbelt man den Glaskörper in der angemessen geformten Vertiefung eines Stücks grünen Birnenholzes und bläst alsdann die Kugel zu der gewünschten Grösse aus, während man die Röhre fortwährend um ihre Achse dreht.

Bei der Verfertigung grösserer Kugeln oder kugelartiger Körper, wie Kölbchen, Retortchen u. s. w. erweicht man zur Gewinnung einer grösseren Glasmasse die Röhre auf eine gewisse Länge von ihrem Ende aus und staucht sie, mit einem Metallstift auf den zugeschmolzenen Boden drückend, zusammen, gleichzeitig sanft in dieselbe blasend, um ein gänzliches Zusammenschmelzen der Wandungen zu verhüten. Hat man auf diese Weise genug Glasmasse angesammelt, so erfolgt das Aufblasen, wie oben. Dass man dabei die Röhre aus der Flamme entfernen müsse ist schon gesagt worden, will man aber die Kugeln, wie dies im vorliegenden Falle in der Regel zutrifft, an eine enge Röhre von grosser Wandstärke anblasen, so ist es vorteilhafter, den Anfang derselben in der Flamme zu bilden und dann erst in der angegebenen Weise sie zu vollenden.

Kugelröhren für genaue Thermometer dürfen nicht mit dem Munde geblasen werden, weil sich sonst unfehlbar Feuchtigkeit in denselben sammelt, welche aus dem Haarröhrchen schlechterdings nicht mehr zu entfernen ist. Einen Kautschukbeutel an das offene Ende zu binden, durch dessen Zusammenprsssen das Aufblasen erfolgen soll, ist vielfach angeraten worden, dessen Handhabung aber kaum weniger unbequem, als die von andern gar empfohlene Kompressionspumpe. Am einfachsten kommt man zum Ziele, wenn man die Röhre beiderseits schliesst, und in ihrer ganzen Länge erwärmt, um durch die hierdurch ausgedehnte Luft im Innern derselben an dem nunmehr erweichten Ende eine kleine Kugel auftreiben zu lassen. Die Grösse der letzteren wird in weitaus den meisten Fällen nicht genügen, man öffnet daher die Röhre, lässt sie erkalten, wobei auch die Kugel sich mit kalter Luft füllt, verschliesst sie wieder, erwärmt abermals und lässt die erweichte Kugel unter dem Drucke des nun schon grösseren Luftvolums sich weiter ausdehnen. Nötigenfalls wird diese Operation nochmals wiederholt. Nach einer dritten Methode wird an das offene Ende des Thermometerrohres ein weiteres Rohr angekittet, welches beim Blasen als Mundstück dient und das Eindringen von Feuchtigkeit in das Haarröhrchen verhindert.

Grosse Kugeln an engen, glasschwachen Röhren werden besser angesetzt als aus der Röhre selbst erblasen. Dasselbe gilt für Röhren von sehr schwerflüssigem Glase. Zur Ausführung dieser Arbeit zieht man aus einer Röhre das zur Bildung der Kugel erforderliche Stück zwischen zwei Spitzen ab. Die eine Spitze schneidet man da, wo sie mit der anzusetzenden Röhre gleichen Durchmesser hat, recht gerade ab, verschliesst die Röhre einerseits und erwärmt die beiden zu ver-

einigenden Röhrenenden, sie nach gehöriger Erweichung vereinigend, wobei man darauf achtet, dass die Achse der einen Röhre genau in die Verlängerung derjenigen der andern falle, unter zeitweiligem Blasen in die zweite, offene Spitze. Nachdem die Vereinigung bewerkstelligt, öffnet man die Röhre, zieht die offene Spitze ab, erweicht das angesetzte Rohrende und bläst die Kugel fertig.

Um eine oder mehrere Kugeln in der Mitte einer Röhre zu erzeugen, schmilzt man die letztere einerseits zu, erhitzt die betreffende Stelle, schiebt unter sanftem Einblasen und Umdrehen die Glasmasse zusammen, erwärmt sie bis zum Weissglühen und bläst die Kugel unter fortwährendem Drehen fertig. Man hüte sich jedoch während des Blasens die Röhre ineinander zu schieben oder auszuziehen, will man anders eine runde Kugel erhalten.

Behufs Anfertigung eines heberförmigen Sicherheitsrohrs mit mittlerer Kugel und Kugeltrichter, wie solche zu chemischen Zwecken häufig gebraucht werden. Eine Röhre von etwa 1 m Länge wird in zwei Teile zerlegt, die sich zu einander etwa wie 2 : 3 verhalten; an das längere Ende *A*, **Fig. 358, Taf. XXX**, setzt man eine Kugel *CD*, aus welcher man den Trichter *A* bildet. Zu dem Ende zieht man sie an der der Röhre entgegengesetzten Stelle in eine Spitze aus, erhitzt die letztere stark, bläst an dieser Stelle eine unregelmässige kugelartige Erweiterung an die Kugel an, mit welcher letzteren jene durch einen engeren oder weiteren Ansatz verbunden ist, schneidet letzteren so ab, dass an der Oeffnung der Kugel nur ein entsprechender Rand stehen bleibt, weitet diesen passend aus und rundet ihn vor der Lampe ab. Mittels eines langen Korkstöpsels verschliesst man die untere Oeffnung dieses Trichters, setzt an das Ende *B* seiner Röhre die Kugel *EF*, vereinigt *F* und *G* und biegt das Ganze, wie in der Figur punktiert angegeben. Sollen Kugel und Trichter nicht verhältnismässig grosse Dimensionen haben, so kann man dieselben aus dem Rohre selbst blasen, auf die eine oder die andere Weise aber diese Trichterröhren in den verschiedensten, gebräuchlichen Formen, deren einige in **Fig. 359, Taf. XXX**, abgebildet sind, erhalten.

Geblasene Glaskugeln sind in neuester Zeit mehr als je ein gesuchter Artikel geworden zur Fabrikation der mehr und mehr in Aufnahme kommenden elektrischen Glühlichter. Wright und Mackie haben sich daher veranlasst gesehen, eine Maschine zu konstruieren, vermöge deren auch weniger geübte Arbeiter eine grössere Anzahl solcher Kugeln fertigen können, als dies auf dem bisher üblichen Wege möglich gewesen wäre.

Die in **Fig. 360, Taf. XXX**, abgebildete Maschine selbst, besteht aus einem, dem Bette einer Drehbank ähnlichen Gestell, an dessen einem Ende ein fester Spindelstock angebracht ist, während ein zweiter, beweglicher, mittels Kurbel, Trieb und Zahnstange auf dem Bette verschiebbar ist. Die Spindel *E* des festen Stocks wird durch Riemen mittels der Stufenscheibe *S* angetrieben, Zahnräder *ee* übertragen die Bewegung auf die Welle *G*, auf welcher das Zahnrad *f* mittels Feder und Nut verschiebbar ist. Das letztere überträgt ferner die Bewegung der Welle *G* auf die Spindel *F* des beweglichen Stocks, so dass also beide Spindeln genau gleiche Umlaufgeschwindigkeiten haben und es

kann dasselbe gleichzeitig, weil selbst auf *G* verschiebbar, der Bewegung des Spindelstocks *F* folgen.

In die elastischen Klammern *R* und *T* der beiden im übrigen hohlen Spindeln kann ein Glasrohr fest und dicht schliessend eingespannt werden, während die an ihren freien Enden luftdicht verschlossenen röhrenartigen Verlängerungen *H* und *K* der beiden Spindeln mittels der Gummischläuche *h* und *k* mit einem Reservoir in Verbindung stehen, welches gepresste Luft enthält. Der mit Gas und Luft aus getrennten Reservoirs gespeiste, um eine vertikale Achse *p* drehbare Brenner ist mit dem Schlitten *M*, auf welchem er selbst senkrecht auf die Spindelachse verschoben werden kann, mittels Kurbel, Trieb und Stange auf dem Bette zwischen beiden Spindeln verschiebbar.

Sollen Kugeln geblasen werden, so wird eine Glasröhre in die Futter der Spindeln gespannt, mit letzteren in schnelle Umdrehung versetzt, durch die Stichflamme des Brenners an der bestimmten Stelle erweicht, durch entsprechendes Vor- und Zurückbewegen des Schlittens *F* nach Bedarf gestaucht oder ausgezogen und durch gleichzeitiges Zuführen von Luft durch die Hohlspindeln zu runden, flachgedrückten oder ellipsoidischen Kugeln aufgeblasen.

Die Probiergläschen mit Fuss, **Fig. 361 a, Taf. XXX,** werden angefertigt, indem man eine dünnwandige weite Röhre etwa 3 cm von ihrem Ende, nach **Fig. 361 b,** einzieht am Ende selbst aber zu einer Spitze auszieht, das dazwischen liegende Stück zu einer Kugel aufbläst, letztere der Einschnürung gegenüber öffnet und allmählich zum Fusse weitet, während man gleichzeitig die eingeschnürte Stelle selbst ganz verschmilzt.

Zur Anfertigung von künstlichen Perlen, welche unter den Namen Wachs-, Fisch-, Bourgignon-, unechte orientalische Perlen oder Perlenimitationen im Handel vorkommend, als Ersatz für die echten Perlen dienen, wendet man ein leichtflüssiges weisses, selten etwas bläuliches Glas an. Nicht selten ist dabei der Glasbläser genötigt, seinen Bedarf an geeigneten Röhren durch Ausziehen von stärkeren Röhren sich selbst herzustellen. Er führt diese Arbeit entweder vor der Glasbläserlampe oder über einem kleinen Kohlenbecken aus, auf welchem Koks oder Holzkohlen verbrannt werden. Dieses Kohlenbecken ist mit einem domförmigen Aufsatz versehen, der seitlich einander gegenüber zwei röhrenförmige Oeffnungen hat, in die das teilweise zu erweichende Glasrohr horizontal eingeschoben wird. An der Vorderseite des Doms befindet sich ein Blickloch, um jederzeit den Grad der Erweichung des Glases beobachten zu können. Das Ausziehen der Rohre lässt sich sowohl mit der Hand, noch besser aber mittels der Ziehbank vornehmen.

Im letztern Falle führt man in diese röhrenförmigen Ansätze des Doms eine Glasröhre, und zwar so, dass das Ende derselben mit einer Zange erfasst werden kann; diese liegt auf einem Wagen, welcher mittels Schienen auf der gegen das Kohlenbecken etwas geneigten Ziehbank läuft. Der Wagen wird durch eine über zwei Rollen gehende Kette ohne Ende bewegt, deren eine ihre Bewegung durch eine Kurbel erhält. Ganz nahe am Kohlenbecken ist die Zange geöffnet, sie schliesst

sich aber augenblicklich, sobald sie, vermittelst der Kette, genötigt wird, sich zu entfernen.

Der unter dem Dome einer intensiven Hitze ausgesetzte Teil der Röhre fängt bald an weich zu werden, und dies ist der Moment, auf welchen der Arbeiter acht haben muss, um die Zange von dem Kohlenbecken zu entfernen, wobei er die Kurbel mit der einen Hand in regelmässige Umdrehung versetzt, während er mit der andern Hand die Röhre, um in dem Masse, als sich der Wagen entfernt, der Hitze immer wieder neue Teile derselben darzubieten, langsam fortschiebt.

Alle Aufmerksamkeit muss sich auf den Grad des Erweichtseins der Glasmasse, sowie auf die Geschwindigkeit des Ziehens richten, die aber ihrerseits wieder von der mehr oder weniger weichen Beschaffenheit des Glases abhängt, worüber ein Blick in das Innere des Kohlenbeckens den nötigen Aufschluss erteilt.

Sobald die Zange am Ende der Ziehbank angelangt ist, löst sich der Wagen von der Kette ab und kehrt durch sein eigenes Gewicht zu seinem Ausgangspunkt zurück, um wieder das Ende der Röhre zu fassen. In dem Augenblick, in welchem der Wagen seinen Rücklauf beginnen will, wirkt ein über der Bank ausgespannter Messingdraht auf einen kleinen Hebel, welcher die Glasröhre, da wo sie aus dem Kohlenbecken hervortritt, mit einem Tropfen Wasser benetzt, während die Zange das andere Ende loslässt; so dass die Röhre in eine hölzerne Rinne fällt.

Nachdem der Arbeiter die Röhren zu dem gewünschten Durchmesser ausgezogen hat, nimmt er zwei derselben, erhitzt jede an einem der Enden bis diese sich schliessen und bläst an einer eine kleine Kugel an. Das Ausbrechen der Oeffnungen geschieht bei den feinen Perlen abwechselnd mit den Röhren selbst, zu welchem Zwecke die zweite Röhre an die bereits geformte Perle angeschmolzen wird. Aus der Flamme entfernt, erstarrt die Vereinigungsstelle sofort und es entsteht durch nun folgendes Abbrechen des angeschmolzenen Röhrchens in der Perle ein kleines Loch, welches mit der Spitzflamme abgerundet wird.

Zur Trennung der Perle von dem Erzeugungsrohre dient ein einfaches Werkzeuges, die Feile genannt, bestehend aus einem vollkommen gehärteten, an beiden Kanten scharf zugeschliffenen Stahlblech. Ein einziger Strich mit einer dieser Schneidkanten rings um das Röhrchen dicht an der Perle reicht hin, diese letztere von jenem zu trennen. Mittels eines in das zuerst gebildete Loch eingeführten Drahts bringt man dann auch die zweite Oeffnung vor die Spitzflamme, ihr hier ihre Vollendung gebend.

Bei ordinäreren Perlen bildet man die erste Oeffnung nicht selten in der Weise, dass man das Röhrchen gar nicht erst zuschmilzt, die Kugel vielmehr aufbläst, wenn das erweichte Rohrende sich gerade schliessen will. Von der mit einem kurzen, scharfen Stosse eingeblasenen Luft kann durch die feine Oeffnung nicht soviel entweichen, dass nicht gleichzeitig auch das Kügelchen aufgetrieben würde. Die Trennung vom Erzeugungsröhrchen geschieht in oben angegebener Weise; nur wird das Verschmelzen der scharfen Ränder des Lochs häufig unterlassen.

Auch die unregelmässigen Formen echter Perlen, der sogenannten Baroque- oder Kropfperlen, lassen sich durch geeignetes Auftreiben oder Eindrücken partiell erweichter Stellen des runden Kügelchens leicht nachahmen und liegt es nur an der Uebung und Fertigkeit des Blasens hier die Natur möglichst treu zu kopieren.

Je nach der Grösse und der mehr oder weniger regelmässigen Gestalt vermag ein Arbeiter täglich 1800 bis 6000 Stück Perlen zu liefern; natürlich ist seine Aufmerksamkeit hauptsächlich darauf gerichtet, auch die Unvollkommenheiten der Natur wiederzugeben.

Bevor diese Perlen dem Handel überliefert werden, müssen sie im Innern noch mit einer Substanz bekleidet werden, die ihnen die vollkommenste Aehnlichkeit mit den natürlichen Perlen erteilt. Die ordinären erhalten im Innern einen Ueberzug von weissem Wachs, die feineren Sorten einen solchen von der sogenannten Perlenessenz, einer Flüssigkeit, die aus den feinsten Schüppchen der Weissfische *(Cyprinus alburnus)* gewonnen wird.

Die Fische werden in gewöhnlicher Weise abgeschuppt, nur ist darauf zusehen, dass von dem leicht abreibbaren perlmutterglänzenden Ueberzug der Schuppen nicht allzuviel verloren gehe. Nun übergiesst man die letzteren in einer tiefen, weiten Steingut- oder Porzellanschale mit Wasser, lässt sie etwa ½ Stunde weichen und arbeitet sie, ohne sie zu stark zu reiben, mit den Händen gut durch. Das Wasser nimmt hierbei eine Menge unreiner tierischer Teile auf, zu deren Beseitigung dasselbe abgelassen und zu gleicher Behandlung der Schuppen mehrmals erneuert wird. Schliesslich erfolgt dann das eigentliche Abreiben der Silberschüppchen mit einer Keule aus hartem Holze. Nach viertelstündigem Reiben seiht man alles durch ein Tuch, auf welchem nur die Schuppen zurückbleiben, worauf diese wiederholt derselben Operation mit frischem Wasser unterworfen werden. Gewöhnlich reicht indessen eine zweimalige Wiederholung der Arbeit aus, den Silberstoff von den Schuppen zu trennen; man vereinigt die abgeseihten Wässer in einem hohen Gefässe und lässt sie absetzen. Nach 24 Stunden bringt man das Sediment in Flaschen, welche man mit reinem Wasser vollfüllt und verkorkt an einem kühlen Orte stehen lässt. Um Fäulnis zu verhindern, die sehr bald sonst eintreten würde, setzt man dem Wasser einige Tropfen Ammoniak zu. Die sich bald trübende Flüssigkeit wird nun täglich solange erneuert, bis sie endlich klar bleibt. Die so gereinigte Substanz lässt sich dann unter sehr verdünntem Salmiakgeist einige Monate, ohne an Qualität einzubüssen, aber kaum länger als drei bis vier Wochen aufbewahren.

Unmittelbar vor der wirklichen Verwendung wird die von der Flüssigkeit möglichst vollständig befreite Substanz mit einer klaren Hausenblase oder farblosen Leimlösung, zu welcher sogar die verwendeten Schuppen verkocht werden können, versetzt und zuweilen noch der Farbe der echten Perlen mehr entsprechend, mit Safran oder Pariserblau schwach tingiert.

Zum Füllen der Perlen dient ein etwa 20 cm langes, an einem Ende etwa 3 cm lang unter einem Winkel von 45° gebogenes und an

dem kürzeren Schenkel zu einer feinen Spitze ausgezogenes Glasröhrchen. Indem man diese Spitze in die lauwarme Essenz bringt, füllt man das Röhrchen etwa 5 cm hoch durch Ansaugen mit derselben. Dann fasst die Arbeiterin — das Füllen wird stets von Frauen oder Mädchen besorgt — je nach der Grösse der Perlen zwei oder mehrere derselben mit den Fingern der linken Hand und bringt in jede durch Blasen in die Mündung des längeren Rohrschenkels etwas weniges von der Essenz. Gleich nach dem Füllen kommen dann die Perlen in einen wiegenartigen Apparat in welchem sie behufs gleichmässiger Verteilung der Essenz auf ihrer Innenfläche einige Zeit geschüttelt werden.

Das Trocknen des Ueberzugs ist um so zeitraubender, als die Feuchtigkeit aus den kleinen Oeffnungen nur schwer entweicht und jedes Erwärmen der Perlen sorgfältig vermieden werden muss, weil sonst der leimhaltige Ueberzug erweichen und von den Wänden herab zu einem Tropfen zusammenlaufen würde. Auf gefahrlose, wenn auch nicht gerade wohlfeile Weise kann man den Trockenprozess beschleunigen, wenn man die Perlen in einem unten verstopften Trichter mit starkem Alkohol übergiesst. Der letztere dringt in das Innere derselben und entzieht dem Ueberzuge seine Feuchtigkeit, worauf er aus dem Trichter abgelassen und durch Schütteln aus den Perlen entfernt wird.

Nach einigen Tagen werden dann die Perlen, teils um den sehr dünnen Ueberzug undurchsichtiger und daher glänzender, teils um sie selbst gegen das Zerdrücken widerstandsfähiger zu machen in ähnlicher Weise, wie dies beim Einfüllen der Essenz beschrieben wurde, mit Wachs ausgeblasen. Ein schliessliches Sortieren beendet die Arbeiten.

In neuester Zeit kommen derartige Perlen, Hohlknöpfe u. dergl. in den Handel, welche nach dem Ausblasen mit Fischschuppenglanz einen innern Ueberzug von Balmainscher im Dunkeln leuchtender Farbe (der Hauptsache nach aus Schwefelverbindungen der Erdmetalle bestehend) erhalten haben. Die Herstellung dieser Perlen, die allerdings einen eigentümlich fluoreszierenden Glanz zeigen, ist der Firma D. Schelhorn & Söhne in Lauscha (Thüringen) unter Nr. 17351 für Deutschland patentiert worden.

Rote Perlen zur Korallenimitation, sowie farbige Perlen überhaupt, werden mit Farben aller Art, mit Hausenblase oder Gelatine verrieben, mit oder ohne Zusatz von Fischschuppenglanz ausgeblasen; die metallglänzenden Markasit- oder Spiegelperlen erhalten auf ihrer Innenfläche einen metallischen Belag der gewöhnlich aus einer Legierung von 8 Teilen Wismut, 1/2 Teil Blei, 1/2 Teil Zinn und 9 Teilen Quecksilber besteht. Die Perlen werden so geblasen, dass sie eine 10 bis 15 cm lange Reihe bilden und zwischen je zwei Perlen nur soviel Raum bleibt, als das künftige Auseinanderschneiden erfordert. Eine solche Reihe wird erhitzt mit ihrem untern Ende in die flüssige Metallmasse getaucht, während man am obern saugt, wodurch sie sich mit Metall füllt. Das Ueberflüssige wird wieder ausgeblasen und dann das Ganze in die einzelnen Perlen zerschnitten. Häufig nimmt man zu diesen Perlen Röhren von gelbem, blauem, rotem oder violettem durchsichtigen Glase, wodurch die Belegung gefärbten Folien ähnlich erscheint.

Es kommen ferner Perlen vor, welche dem Ansehen nach aus silberglänzenden Fäden zusammengesetzt erscheinen. Zu ihrer Darstellung werden die Röhren aus einer Glasmasse gezogen, welche nach dem Läutern im Hafen längere Zeit hindurch tüchtig durchgearbeitet und infolgedessen in ihrer ganzen Masse mit feinen Luftbläschen (Gispen) durchsetzt wurden. Beim Ausziehen der Röhren verwandeln sich diese Bläschen in ausserordentlich feine Kanäle, welche in ihrer Gesamtheit eine so eigentümliche Brechung des Lichts bewirken, dass das Glas selbst ein perlmutterartiges Aussehen erhält.

Ausser den Hohlperlen werden auch mehrfarbige, bunte, sogenannte Phantasierperlen vor der Lampe verfertigt oder doch vollendet. Sie heissen daher zum Unterschiede von den ihnen ähnlichen, im vorigen Abschnitt besprochenen Perlen, *Perles à la lume*, und sind von der verschiedensten Art, von der Grösse eines Hanfkorns bis zu 5 cm Durchmesser. Nur zu denjenigen, die vor der Lampe vollendet werden, dienen Röhrchen als das alleinige Material, weil die aus diesen letzteren geschnittenen Stückchen, einzeln auf einen Draht gesteckt, an der Flamme des Blastisches rund geschmolzen, oder auch anders geformt werden. Zu den übrigen benutzt man häufig auch massive Glasstäbchen, die vor der Lampe ausgezogen, erweicht, in diesem Zustande um einen Draht gewunden, durch Schmelzen ihre Form erhalten. Zu den bunten und figurierten Perlen verwendet man sehr häufig sehr feine verschiedenfarbige Glasstäbchen oder -Fäden.

Die kleinen massiven Perlen erhalten ihre völlige Ausbildung, solange sie noch weich sind und auf dem Drahte sitzen, vermittelst metallener Formen, die einer, wie eine Schere aus zwei übers Kreuz gelegten und mittels eines beweglichen Stifts verbundenen Schenkeln bestehenden eisernen Zange gleichen. An dem Ende jedes Schenkels befindet sich die Hälfte des Dessins. Man hat derlei Perlen von 8 bis 12 Facetten zur Nachahmung von geschliffenen, andere mit kleinen erhöhten Buckeln und mancherlei einfachen Verzierungen; sie erinnern daher an die ähnlich gestalteten Hohlperlen, nur mit dem Unterschiede, dass hier das Dessin nicht durch Blasen, sondern durch den Druck mittels der Zange hervorgebracht wird.

Sollen Nadeln mit emaillierten Köpfen angefertigt werden, so hält der Arbeiter den Stab fortwährend im erweichten Zustande, doch so, dass das Glas nicht abtropft, fasst mit dem Zeigefinger und dem Daumen der rechten Hand die Nadel an der Spitze, nimmt mit dem andern Ende etwas erweichtes Glas auf und zieht die Nadel zu sich hin, wobei er sie rasch zwischen den Fingern rollt; durch diese Bewegung rundet und kühlt sich der Kopf ab; die so fertig gemachten Nadeln legt er in ein nebenstehendes Gefäss, worauf er eine andere Nadel ergreift, um sie auf dieselbe Weise mit einem Kopfe zu versehen. Durch Verwendung verschiedenfarbiger Gläser oder Emails erhält man ebensoviele Sorten von Nadeln, während marmorierte Köpfe auf die Weise erzeugt werden, dass der Arbeiter die Enden eines Bündels verschiedenartiger Glasstäbe in der Flamme der Lampe erweicht und zusammenschmilzt, und den so erzeugten gefärbten Stab ebenso wie einen einfachen verwendet.

Verwendet man zu der Arbeit ein mit Kupferoxyd und etwas Wismutoxyd versetztes Kristall- oder Halbkristallglas, so erhält man jene bekannten Nadelköpfe mit lüsterartigem Kupferglanz. Ein Zusatz von 2,5 Prozent Kupferoxyd und 0,25 Prozent salpetersaurem Wismutoxyd*) zu der Glasmasse, wodurch die letztere fast schwarz und nur an den Kanten grün durchscheinend erhalten wird, genügt vollkommen. Auch die fertig gebildeten Köpfe erscheinen fast schwarz, nehmen aber nach kurzem Erhitzen in der russenden Flamme das metallische Ansehen an. Die Entstehung des Kupferlüsters beruht demnach auf einem ähnlichen Vorgange, wie die später näher zu betrachtende Bildung des künstlichen Aventurins.

Die Köpfe von façonnierten oder verzierten Broschen und Nadeln werden durch späteres Auftragen von Email angefertigt, womit der Künstler die Stücke nach seinem Geschmack dekoriert.

Vögel, Blumen, Mosaiken, Medaillons und andere Gegenstände der Phantasie werden zuerst von dem Künstler vor der Lampe fertig gemacht, und dann vom Nadler auf der Spitze des Knopfes durch Erhitzen dieses und der untern Seite des Gegenstandes aufgelötet.

Speziell die Anfertigung der Blumen erheischt grosse Sorgfalt. An einen Draht schmilzt man ein Knöpfchen von buntem Glase und drückt es mit der Pinzette breit, so ein Blättchen bildend, an welches man sodann andere in gleicher Weise anfügt. Zur Bildung der Samengefässe setzt man in die Mitte des Ganzen einige Pünktchen mittels eines feinen gefärbten Glasstängelchens an. Systematischer ist das Verfahren, welches sich Georgi in Charlottenburg unter Nr. 12205 vor einigen Jahren für Deutschland patentieren liess.

Georgi bildet durch beiderseitiges Ausziehen eines kurzen Röhrenstücks, Aufblasen und Abplatten zunächst den Körper **Fig. 362, Taf. XXX,** schlittert eine Hälfte der Bauchung nach **Fig. 363, Taf. XXX,** ab, bricht eine Spitze ab und formt durch Umbiegen der Ränder das Blatt **Fig. 364, Taf. XXX.** Durch einseitiges kurzes Abziehen von **Fig. 362** entsteht die Knospe **Fig. 365, Taf. XXX,** während man ebenfalls aus **Fig. 361** durch Absprengen einer Seite und entsprechendes Aufblasen der andern den Körper **Fig. 366, Taf. XXX,** erhält, aus welchem durch mehrfaches Einschlitzen der erweichten Ränder mittels der Schere und Umbiegen der einzelnen Teile der Kelch **Fig. 367, Taf. XXX,** entsteht. Vor der Spitzflamme in geeigneter Weise zusammengelötet, bilden diese einzelnen Teile endlich die Blume **Fig. 368, Taf. XXX.**

Zur Fabrikation künstlicher Augen dienen Schmelzgläser, von denen man eine sehr vollständige Sammlung haben muss, da die Farbenabstufungen der Augen sehr mannigfaltige sind.

Um sich die nötige Uebung in der Handhabung derselben zu verschaffen, beginnt man mit der Herstellung kleiner Augen, die leichter ist als die von grossen. Zu diesem Zweck fasst man das eine Ende eines kleinen Stückes Eisendrahts mit der Zange **Fig. 369, Taf. XXX,** und hält das andere in die Flamme. Zu gleicher Zeit bringt man den kleinen Schmelzglascylinder von der Farbe der Iris des Auges, welches

*) Vergl. deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung. 1885. Nr. 9.

nachgeahmt werden soll, ebenfalls solange in die Flamme, bis er zu schmelzen anfängt, dann befestigt man von demselben soviel, als zur Grösse des Augapfels erforderlich ist, an die Spitze des Eisendrahts, formt daraus durch Drehen in der Flamme ein Kügelchen, **Fig. 370, Taf. XXX,** plattet dasselbe ab, **Fig. 371, Taf. XXX,** und gibt einen Tropfen schwarzes Schmelzglas darauf, welches den Augenstern bilden soll, worauf man die Vereinigung dieser beiden Schmelzgläser in der Flamme bewirkt. Das Auge hat jetzt, von der Seite gesehen, die Form von **Fig. 372a, Taf. XXX,** während **Fig. 372b, Taf. XXX,** dasselbe in der vordern Ansicht darstellt.

Um die Glasfeuchtigkeit nachzuahmen und dem Auge den Glanz derselben zu geben, überzieht man das Ganze mit etwas Kristallglas. Man muss solange erwärmen, bis das Kristallglas über den ganzen Augapfel sich ausgebreitet hat, und dann langsam abkühlen lassen. Für diese Gattung von Augen kann man mehrere Drähte in Behandlung nehmen und einen nach dem andern vollenden. Weil man auf diese Weise stets mehrere Exemplare vor Augen hat, so gelingt es auch leichter, Augen von gleicher Grösse herzustellen.

Zur Herstellung von Augen von grösserm Durchmesser wählt man einen verhältnismässig starken Draht, biegt ihn in der Mitte um, dreht die beiden Enden zusammen und bildet einen Drahtring von dem Durchmesser des anzufertigenden Auges. Nun fasst man die Drahtenden mit der Zange, füllt den Ring mit Schmelzglas, welches die Basis des Auges bilden soll, aus, häuft es in dem Mittelpunkte an, setzt die für die Iris nötige Menge Glas auf, drückt es, damit es sich gleichmässig ausbreitet, mit der Flachzange und bringt den Ring wieder in die Flamme, damit eine vollkommene Vereinigung eintrete; schliesslich bringt man im Mittelpunkt des Stücks zur Bildung des Augensterns einen Tropfen schwarzes Schmelzglas auf. Ist dieser geschmolzen und die Iris inkrustiert, so überzieht man beide mit Kristallglas und erhitzt solange, bis diese Teile gut miteinander verbunden sind und das ganze Auge mit Kristallglas überzogen ist. Behufs langsamer Abkühlung legt man das fertige Auge auf heisse Asche und löst es schliesslich durch Aufdrehen des Drahtes aus dem Ringe. Dieses Verfahren findet nur auf Augen von mittlerer Grösse Anwendung.

Augen von grossem Durchmesser werden geblasen. Man wendet hierzu eine thönerne Pfeife an, mit welcher man die nötige Menge weisses Schmelzglas aufnimmt und dieses, nachdem man es angewärmt hat, etwas aufbläst, so dass eine Kugel von der verlangten Grösse entsteht. Auf dieser, gerade der Mündung der Pfeife gegenüber, bringt man soviel Schmelzglas an, als zur Bildung der Iris erforderlich ist. Durch Einhalten des Stücks in die Flamme, während man die Röhre zwischen den Fingern dreht, findet eine vollkommene Verschmelzung und eine gleichmässige Ausbreitung des aufgesetzten Schmelzglases statt, während zugleich eine runde Iris entsteht. Soll die Iris, wie die des menschlichen Auges, verschiedene Farben enthalten, so verteilt man mehrere kurze Schmelzglasfäden von geeigneter Farbe in divergierenden Radien. Nachdem dies geschehen bringt man das Auge in den Flammenkegel, bis sich alles mit dem Grunde der Iris vereinigt hat, worauf man das Ganze mit Kristallglas überzieht. Da die Augen infolge der ver-

schiedenen Operationen nicht selten etwas von ihrer natürlichen regelmässigen Gestalt einbüssen, so muss man, um diese wieder herzustellen, von Zeit zu Zeit etwas Luft einblasen.

Um das Auge von der Pfeife zu trennen, bläst man etwas Luft ein, verschliesst sogleich die Röhre mit dem Finger und erwärmt die Rückseite des Auges in der Flamme. Die durch die Wärme ausgedehnte Luft bahnt sich auf der heissesten Stelle einen Ausweg und man sucht die entstandene Oeffnung dadurch zu verlängern, dass man die Spitze der Flamme rings um das Rohr wirken lässt. Man lässt das Auge nur an einer einzigen Stelle noch befestigt, erwärmt es überall gleichmässig und nimmt es erst nach allmählicher aber vollständiger Abkühlung von dem Pfeifenrohre ab.

Die Herstellung künstlicher Augen durch vollständig naturgetreues Bemalen geschliffener Unterlagen mit Schmelzfarben gehört nicht hierher.

Nicht die unwichtigste der Arbeiten an der Glasbläserlampe ist die Glasspinnerei, welche, schon den Venezianern bekannt, gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts wieder aufgenommen, namentlich von der Mitte des jetzigen ab in Deutschland von Jules de Brunfaut kultiviert wurde, welcher die Fäden zuerst von solcher Elastizität zu gewinnen wusste, dass es ihm möglich wurde, dieselben in Verbindung mit Seide zu geköperten Kleiderstoffen zu verweben, von denen eine Robe den Wert von 2000 Mark und mehr repräsentierte. Ausserdem dienen die Fäden, in Bündel zusammengefasst, zu Flechtwerken, aus denen Kragen, Manschetten, Schleifen, Garnierungen aller Art gefertigt werden, sowie zu Glaswolle und Glaswatte für chemische Zwecke.

Der von Brunfaut zum Spinnen angewendete Apparat ist in **Fig. 375, Taf. XXX,** skizziert. Ein etwa 1,5 m im Durchmesser haltendes, aus leichten Schmiedeeisenstäben konstruiertes Rad R ist nebst einem kleinen Rade r auf einem ebenfalls schmiedeeisernen Gestell gelagert und erhält von letzterem aus seinen Antrieb mittels Kurbel und Schurtrieb $s\,s$. Neben dem Rade steht der Blasetisch, an welchem ein nach dem Umfange des grossen Rades gebogener Windfang befestigt ist, welcher die Flamme der Lampe l vor schädlichen Einflüssen des bei der schnellen Umdrehung des Rades entstehenden Luftzuges schützt. Der vor der Lampe sitzende Spinner hält mit der linken Hand ein Glasstängelchen in die Spitzflamme, berührt den sich bildenden Glastropfen mit einem zweiten Stäbchen, das er, eingeklemmt in eine etwa 0,4 m lange hölzerne Handhabe, in der Rechten hält, zieht denselben zu einem Faden F aus und wirft ihn mit einer schnellen Armbewegung über den Umfang des in der Richtung des Pfeiles umlaufenden Rades. Der Faden wird sofort von dem Rade, auf dessen Peripherie ein etwa 20 cm breiter, mit Glanzpapier überzogener Pappring aufgezogen ist, erfasst und spinnt sich nun, wenn der Spinner durch geeignetes Verschieben des Glasstäbchens stets für den nötigen Vorrat flüssigen Glases sorgt, in grosser Regelmässigkeit und Feinheit ab.

Am schönsten sind die aus reinem, weissem Glase gesponnenen Fäden, wegen des jedes andere Gespinst übertreffenden schönen Seidenglanzes, während bunte Gläser nur wenig gefärbte, matter erscheinende Fäden liefern.

Man nimmt in der Regel an, dass zum Spinnen eine besondere Zusammensetzung des Glases nicht erforderlich sei, wenn man von der Forderung eines guten elastischen Materials als selbstverständlich absieht, und auch die von Benrath*) mitgeteilten Analysen eines böhmischen Flechtwerks und einer Watte von Brunfaut sprechen im allgemeinen hierfür. Es sei indessen auf eine Thatsache aufmerksam gemacht, die ich bisher niemals erwähnt gefunden habe. Die Glasfäden lassen sich bekanntlich mittels eines heissen Eisens in ähnlicher Weise kräuseln und zu Locken brennen, wie das Haar; während nun aber Brunfaut, den ich einmal wochenlang in seinem Atelier zu beobachten Gelegenheit hatte, zu schlichten Fäden einfache runde Glasstäbchen von augenscheinlich nicht besonderer Qualität verspann, wendete er zu lockigem Glasgespinst stets eine Kombination eines Tafelglasstreifchens mit einem, dem äusseren Ansehen nach, aus Bleikristall bestehenden Rundstabe an, welche er, wie **Fig. 374, Taf. XXX**, im Querschnitt zeigt, der Länge nach aneinander lötete. Beim Spinnen vereinigten sich dann beide Gläser zu einem Faden. Dass Brunfaut auf diese Weise etwa ein Glas von mittlerer Zusammensetzung hätte erzielen wollen, ist kaum anzunehmen, da es ihm ein leichtes gewesen sein würde, derartige Stäbe sich zu verschaffen. Auch scheint es wenig wahrscheinlich, dass er einen besondern, vielleicht ovalen, Querschnitt des Fadens erstrebte; denn wenn auch bekanntlich schlichtes menschliches Haar im Querschnitt rund, krauses hingegen oval ist, so dürfte doch in dieser Beziehung von der Querschnittsform des Glasfadens kaum etwas zu erwarten sein, auch würde Brunfaut mit Rücksicht auf die bekannte Eigenschaft des Glases, beim Ausziehen zu selbst sehr feinen Dimensionen die Querschnittsform nicht zu ändern, durch Anwendung eines ovalen Stäbchens viel einfacher haben zum Ziele gelangen können. Möglicherweise aber wollte er von der verschiedenen durch die Wärme bewirkten Ausdehnung verschiedener Glassorten in der Weise Vorteil ziehen, dass er einen Glasfaden zu erzeugen suchte, welcher aus der Vereinigung zweier Fäden von verschiedenen Ausdehnungskoeffizienten hervorgegangen war. Besteht z. B. der in **Fig. 375, Taf. XXX**, sehr vergrössert gezeichnete Faden ab aus zwei Hälften, von denen die rechte einen grösseren Ausdehnungskoeffizienten besitzt, als die linke, so wird vom Augenblick der Erstarrung des neugesponnenen Fadens an bis zur völligen Abkühlung die rechte Seite sich mehr zusammenziehen, also kürzer werden, als die linke und daher der ganze Faden sich soweit nach rechts krümmen müssen, bis die innere, kürzere Kurve ac seiner kürzeren, die äussere, längere Kurve ad aber seiner längeren Hälfte entspricht.

Ist z. B. $D = 2$ r der Durchmesser des Kreises, nach welchem die Mittellinie des Fadens gekrümmt ist, während die Fadenstärke s sei, so berechnet sich die äussere Fadenlänge

$$l_1 = ad = \pi \, (D + s)$$

und die innere

$$l_2 = ac = \pi \, (D - s);$$

*) Glasfabrikation, 365.

es verhält sich also

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{D + s}{D - s}.$$

Der Ausdehnungskoeffizient des Glases variiert nun nach den Versuchen von Lavoisier und Laplace zwischen 0,0000081 für englisches Flintglas und 0,0000091 für bleifreies Glas und zwar für jeden Grad des hundertteiligen Thermometers.

Setzt man nun die Erstarrungstemperatur des Fadens = 1000° C., bei welcher beide Fadenhälften gleiche Länge l haben müssen, so folgt auch

$$l_1 \,(1 + 0{,}0000081 \,.\, 1000) = 1{,}0081\, l_1 = l$$
$$l_2 \,(1 + 0{,}0000091 \,.\, 1000) = 1{,}0091\, l_2 = l$$

also

$$1{,}0081\, l_1 = 1{,}0091\, l_2$$

und somit

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{1{,}0091}{1{,}0081} = \frac{D + s}{D - s},$$

woraus sich

$$D = 2017{,}2\ s$$

ergibt. Setzt man nun die Stärke s der feinsten Fäden mit Kick gleich 0,006 mm, so folgt endlich

$$D = 2\,017{,}2 \,.\, 0{,}006 = 12{,}10 \text{ mm}$$

d. h. also, es müsste sich ein solcher Faden ganz selbsttätig zu einer Locke von 12 mm Durchmesser krümmen, bei grösseren Differenzen der Ausdehnungskoeffizienten aber, werden sich entsprechend feinere Kräuselungen erzielen lassen. In Wirklichkeit aber müssten die Krümmungsradien viel kleiner ausfallen, da die Ausdehnungskoeffizienten nicht konstant sind, sondern mit den Temperaturen nicht unbedeutend zunehmen.

Ueber das Blasen von Thermometerröhren ist bereits oben manches gesagt worden und mag hier noch einiges über die Fertigstellung dieser Instrumente selbst hinzugefügt werden.

Da die Ausdehnung des Quecksilbers, innerhalb gewisser Grenzen, der Temperatur proportional ist, und durch die Länge der Quecksilbersäule beurteilt werden soll, welche bei der Erwärmung in die Röhre tritt, so ist es notwendig, dass diese einen durchaus gleichen Querschnitt habe, oder dass man wenigstens das Verhältnis der Querschnitte an den verschiedenen Stellen der Röhre möglichst genau kenne. Man bestimmt nur solche Röhren zu Thermometerröhren, in welchen der Querschnitt nahe überall derselbe ist.

Die Herstellung eines Thermometers umfasst das Kalibrieren der Röhre, deren Vorbereitung vor der Lampe, das Einbringen des Quecksilbers und den Verschluss der Röhre.

Von der vollkommen kalibrischen Beschaffenheit der Röhre überzeugt man sich, indem man durch Saugen in die an beiden Seiten noch offene Röhre einen 1 bis 2 mm langen Quecksilberfaden bringt und an

einem Ende einen kleinen Kautschukbeutel befestigt. Durch einen auf den Beutel ausgeübten Druck lässt sich der Quecksilberfaden nach und nach durch die ganze Länge der Röhre schieben, und indem diese auf einem feingeteilten Massstabe liegt, kann man überall die Länge des Quecksilberfadens messen. Zeigt sie sich hierbei überall gleich, so ist die Röhre vollkommen kalibrisch, und man bläst nur eine Kugel oder schmilzt ein cylindrisches Gefäss an. Für gewöhnliche Thermometer geschieht dies, indem man das eine Ende der Röhre zuschmilzt, dieses Ende erhitzt und dann durch das andere Ende mit dem Munde aufbläst, wodurch man eine mehr oder weniger grosse Kugel erhält. Da hierbei leicht etwas Feuchtigkeit in die Röhre kommt, so wendet man für vollkommenere Instrumente eine der früher beschriebenen Herstellungsweisen an.

Zum Füllen der Röhre nimmt man reines, frisch ausgekochtes Quecksilber, bringt es in eine oben an das offene Ende der Röhre angeschmolzene Ansatzröhre, oder, wenn diese nicht vorhanden ist, in einen kleinen auf der Röhre mit Hilfe einer Kautschukröhre aufgesetzten Trichter, wobei man das Quecksilber, um es von allem Staube zu befreien, durch einen Baumwollenbausch fliessen lässt. Nachdem dies geschehen, erhitzt man die ganze Röhre nebst Kugel in einer Weingeistlampe, wodurch die Luft zum Teil ausgetrieben wird und beim Erkalten Quecksilber in die Kugel dringt. Erhitzt man nun die Röhre zum zweiten Male und bringt das Quecksilber in der Kugel zum Kochen, so wird fast alle Luft aus dem Thermometer entfernt und das Quecksilber die Kugel beinahe ausfüllen. Man darf dabei die Kugel nur sehr allmählich aus der Flamme entfernen, damit dieselbe durch das plötzliche und stürmische Zufliessen des Quecksilbers nicht zertrümmert werde. In der Regel bleibt hierbei noch eine kleine Luftblase in dem Uebergange aus der Kugel in die Röhre sitzen, weshalb man, um sie auszutreiben, die Kugel in vertikaler Stellung der Röhre nochmals erhitzt, wobei sie durch das Quecksilber aufsteigt. Nach dem Erkalten sind nun Kugel und Röhre mit luftfreiem Quecksilber gefüllt. Man giesst letzteres aus der Ansatzröhre und treibt davon auch noch einige Tröpfchen aus der Thermometerröhre selbst aus, um sich nach dem Erkalten von dem Stande des Quecksilbers bei der obwaltenden Temperatur überzeugen zu können und hiernach unter Berücksichtigung der Temperaturgrade, für welche das Instrument eigentlich werden soll, bestimmen zu können, ob man noch mehr Quecksilber entfernen oder wieder etwas nachfüllen müsse. Im letztern Falle muss man wieder etwas Quecksilber in das Ansatzgefäss bringen und durch Erwärmen der Kugel den Quecksilberfaden der Röhre mit jenem vereinigen.

Nun zieht man die Röhre an dem oberen Ende des Thermometers in eine ziemlich feine Spitze aus, erwärmt das Instrument, bis ein Tröpfchen Quecksilber sich an der Spitze zeigt, worauf man die Kugel aus der Flamme nimmt und die Spitze zuschmilzt. Sollte noch eine kleine Luftblase zwischen dem Quecksilber geblieben sein, so wird sie sich unter dem verminderten Drucke stark ausdehnen und sichtbar werden, und man muss sie dann wenigstens über die Oberfläche des Quecksilbers zu bringen suchen.

Nachdem das Thermometer soweit vorbereitet ist, geht man an die Bestimmung der Fundamentalpunkte, als welche man jetzt allgemein die Temperatur des schmelzenden Eises und die der Dämpfe des siedenden Wassers annimmt.

Zur Bestimmung des ersteren bringt man das Thermometer in zerstossenes Eis oder Schnee, welche in der Schmelzung begriffen sein müssen, am besten in einem Zimmer, dessen Temperatur nur wenig über der des Eispunktes liegt. Dabei muss womöglich das Thermometer bis nahe an den Punkt, auf welchen das Quecksilber bei dieser Temperatur sich zusammenzieht, in das Eis oder den Schnee eingetaucht sein. Zweckmässig ist es hierbei, Vorkehrung zu treffen, dass das aus dem Eise sich bildende Wasser abfliessen könne, da ausserdem das Thermometergefäss von Wasser umgeben sein könnte, das eine höhere Temperatur als das schmelzende Eis besitzt. Bei der Anwendung von Schnee muss man warten, bis derselbe anfängt durchscheinend zu werden, und die Bestimmung beendigt haben, wenn derselbe noch mit Wasser durchzogen ist. Mit dieser Vorsichtsmassregel sieht man nach einiger Zeit das Quecksilber ruhig an einer Stelle verharren, welche man entweder durch einen zuvor um den Stiel des Thermometers gelegten gewichsten Faden, oder durch einen Strich mit dem Schreibdiamanten bezeichnet.

Zur Bestimmung des Siedepunktes setzt man das Thermometer den Dämpfen von siedendem Wasser aus, wobei man sich eines Gefässes wie **Fig. 375a, Taf. XXX,** bedienen kann, bei welchem die aufsteigenden Dämpfe das Thermometer umspielen, dann von oben in den äussern hohlen Cylinder zurückkehren und an dem untern Ende schliesslich in die Luft austreten können. Bei dieser Einrichtung ist der engere Raum vor jeder Abkühlung von aussen geschützt. Das Thermometer ist vermittelst eines Korks in der oberen Oeffnung des Gefässes befestigt. Auch hier soll die Röhre soweit als möglich bis zu dem Punkte, bei welchem das Quecksilber nach einiger Zeit stehen bleibt, in die Dämpfe eingetaucht sein. Während dieser Bestimmung hat man den Stand und die Temperatur des Barometers aufzuzeichnen.

Auf diese Weise erhält man den oberen Fundamentalpunkt nur annähernd, da man unter dem Siedepunkt die Temperatur des bei einer äusseren Temperatur von 0^0 und bei einem Barometerstande von 760 mm siedenden Wassers versteht.

Zur Bestimmung des richtigen Siedepunktes aus dem so gefundenen genäherten dient eine Tafel der Spannkräfte der Wasserdämpfe bei Temperaturen, welche dem Siedepunkte nahe liegen, die wir für die Barometerstände von Oertlichkeiten, in denen in Deutschland Thermometer angefertigt werden möchten, mitteilen.

Temperatur	Spannung	Differenz	Temperatur	Spannung	Differenz	Temperatur	Spannung	Differenz
Grad	Millim.		Grad	Millim.		Grad	Millim.	
98,0	707,17	2,51	99,0	733,19	2,63	100,0	760,00	2,73
98,1	709,74	2,58	99,1	735,84	2,65	100,1	762,73	2,73
98,2	712,32	2,58	99,2	738,49	2,65	100,2	765,46	2,74
98,3	714,90	2,59	99,3	744,15	2,66	100,3	768,20	2,75
98,4	717,46	2,60	99,4	743,82	2,67	100,4	771,95	2,76
98,5	720,09	2,60	99,5	746,50	2,68	100,5	773,71	2,77
98,6	722,69	2,62	99,6	749,18	2,69	100,6	776,48	2,77
98,7	725,31	2,62	99,7	751,87	2,70	100,7	779,25	2,78
98,8	727,93	2,63	99,8	754,57	2,71	100,8	782,03	2,79
98,9	730,56	2,63	99,9	757,28	2,72	100,9	784,82	2,80

Der Gebrauch dieser Tafel erhellt aus folgendem. Man habe den Siedepunkt eines Thermometers bestimmt bei einem Barometerstande von 740,12 mm und einer Temperatur des Barometers von $10{,}0^0$ C., so hat man zunächst diesen Barometerstand auf eine Temperatur von 0^0 zu reduzieren, d. h. man hat zu berechnen, wie hoch, bei gleichem Luftdruck, das Barometer stehen würde, wenn die äussere Temperatur 0^0 betrüge. Selbstverständlich wird dieser reduzierte Barometerstand niedriger ausfallen müssen, da ja bei niedrigerer Temperatur das Quecksilber sich zusammenziehen, also auch eine weniger hohe Säule desselben dem Druck der Luft das Gleichgewicht wird. Diese Reduktion erfolgt nach der Formel

$$b = l - 0{,}000181\; l\, t,$$

wo b der gesuchte, l der bei der Temperatur t beobachtete Barometerstand in Millimetern ist, weil nämlich für jeden Grad des Thermometers die Quecksilbersäule l des Barometers um das 0,000181fache ihre Länge verkürzt.

Da die Bestimmung des genäherten Siedepunktes bei einer Temperatur von 10^0 C. und 740,12 Barometerhöhe vorgenommen wurde, so folgt der reduzierte Barometerstand

$$b = 741{,}12 - 0{,}000181\,.\,740{,}12\,.\,10 = 738{,}78;$$

die nächst niedere in obiger Tabelle verzeichnete Spannung ist 738,49 und es entspricht derselben ein Siedepunkt von $99{,}2^0$. Die dritten Spalten der Tabelle geben die mit steigendem Druck zunehmenden Spannungsdifferenzen für $0{,}1^0$ an; im vorliegenden Falle beträgt diese Differenz 2,65; für die bisher zu wenig in Rechnung gezogene Spannung von $738{,}78 - 738{,}49 = 0{,}29$ ist daher der Siedepunkt um $\frac{0{,}29}{2{,}65} \cdot 0{,}1 = 0{,}0109^0$ zu erhöhen, also $= 99{,}2109^0$ zu setzen, d. h. es ist der durch den Versuch ermittelte Fundamentalabstand in 99,2109

Teile zu teilen und jeder dieser Teile wird dann einem Temperaturgrade entsprechen.

Der Eispunkt erleidet durch Druck zwar ebenfalls eine Aenderung, diese ist jedoch sehr unbedeutend.

Thermometerskalen sind drei gebräuchlich: 1) die Zentesimal- oder auch Celsiussche Skala, bei welcher der Raum zwischen dem Eis- und Siedepunkte in 100 gleiche Teile, 2) die Reaumursche Skala, bei der dieser Raum in 80 gleiche Teile geteilt wird, und 3) die Fahrenheitsche Skala, deren Siedepunkt mit 212° bezeichnet wird, während ihr Nullpunkt 32° unter dem Eispunkte liegt.

Die Anfertigung von Barometern fällt in den meisten Fällen den eigentlichen Mechanikern anheim, da es sich hierbei hauptsächlich um eine genau geteilte Skala und eine solche Anbringung derselben handelt, dass man die Höhe der Quecksilbersäule mit aller Sicherheit messen kann Da jedoch gewöhnliche Barometer auch sehr häufig von Glasbläsern angefertigt werden, so möge hier eine kurze Anleitung, wie man zu einigermassen brauchbaren Instrumenten der Art gelangt, folgen.

Zur Herstellung eines Gefässbarometers wählt man eine wenigstens 890 mm lange und nicht weniger als 4,5 mm weite Röhre aus weissem Glase, und schmilzt sie, nachdem man sie innen und aussen aufs sorgfältigste gereinigt und getrocknet hat, auf die früher angegebene Weise an einem Ende zu; an das andere setzt man ein nach oben bis zum Durchmesser der Röhre sich verengerndes cylindrisches Gefäss aus Glas, von etwa 50 mm Höhe, dessen Durchmesser zu dem der Röhre in keinem bestimmten Verhältnisse steht, letztern aber wenigstens fünfmal übertreffen muss. Gewöhnlich gibt man dem Gefässe eine kugelförmige Gestalt, allein dies ist entschieden unrichtig. — Hat man das Gefäss angeschmolzen, so biegt man die Röhre dicht an der Stelle, wo das Gefäss angesetzt ist, soweit um, dass seine Wände mit denen der Röhre parallel stehen.

Zum Füllen der Röhre verwendet man gereinigtes Quecksilber, das man sich auf die Weise verschaffen kann, dass man eine Portion mit einer kleinen Menge Eisenchlorid anhaltend schüttelt, auswäscht und dann nochmals mit einer Auflösung von Cyankalium in Wasser schüttelt, mit Wasser abwäscht, trocknet und durch alte aber dichte Leinwand gehen lässt, worauf man das Quecksilber in einer Porzellanschale zum Kochen erhitzt und, nachdem es sich abgekühlt hat, in die Röhre einfüllt. Das Einfüllen geschieht mittels einer in einem spitzen Winkel gebogenen dünnen Trichterröhre, deren längerer Schenkel den Trichter trägt. Schiebt man nun den kürzeren Schenkel bis an den Bug der Barometerröhre, während man diese, das Gefäss nach oben, etwas neigt, und giesst das Quecksilber in den Trichter, so füllt sich die Röhre auf die leichteste Weise ganz von selbst. Soll das Quecksilber in der Röhre ausgekocht werden, was freilich bei den gewöhnlichen sogenannten Wettergläsern nur selten zu geschehen pflegt, so lässt man etwa 50 mm von der Röhre von Quecksilber leer, verschliesst die Oeffnung des Gefässes mit einem Kork, durch welchen ein an der Spitze etwas umgebogenes Haarröhrchen geht. Nun beginnt man mit dem Auskochen des Quecksilbers, wobei man unten anfängt und die Röhre in einem

Winkel von 45 bis 60^0 in die Flamme einer Weingeistlampe hält, die man ihrerseits auf einen recht grossen, flachen Porzellanteller stellte, damit beim etwaigen Springen des Rohrs das Quecksilber nicht verloren gehe. Das Kochen erfolgt bald und man schreitet hiermit in dem Masse fort, solange man noch Luftbläschen an den Wänden des in der Flamme befindlichen Teils der Röhre bemerkt; in dieser Weise führt man die Operation zu Ende. Unvermeidlich spritzt während des Kochens ein Teil Quecksilber in das Gefäss, wo es sich sammelt und von wo es, nachdem sich das heisse Quecksilber in der Röhre wieder abgekühlt hat, durch Neigen in die Röhre zurückgebracht wird. Was am Quecksilber noch fehlt füllt man nach, wobei man die Röhre fast horizontal legen kann, ohne dass Luft eintritt; dies nachgefüllte Quecksilber erhitzt man schliesslich noch bis zum Kochen, worauf man die Röhre aufhängt und abkühlen lässt.

Die Anfertigung oder vielmehr das Füllen und Auskochen von Heberbarometerröhren geschieht ganz auf dieselbe Weise, nur dass man sie in der Regel zweimal auszukochen pflegt.

Fünfzehntes Kapitel.

Das Verzieren des Glases durch Schleifen, Schneiden und Aetzen.

Das Schleifen und Schneiden des Glases, ersteres die äussere Formgebung, letzteres die ornamentale Dekoration der Oberfläche bezweckend, scheint, wie altägyptische Funde bezeugen, fast so alt zu sein, wie die künstliche Verarbeitung des Glases überhaupt. Das spätere Altertum erlangte sogar in der Kunst des Schneidens eine Höhe der Vollendung, die selbst heute noch unerreicht dasteht. Eins der vorzüglichsten noch erhaltenen Kunstwerke dieser Art, ist die bereits früher erwähnte Portland- oder Berberinivase, welche auf azurblauem Grunde opakweisse Reliefs zeigt, die ihrerseits durch partielles Fortschleifen des die ganze Vase überziehenden Ueberfangs entstanden sind. **Fig. 376, Taf. XXX,** zeigt diese Vase selbst, während **Fig. 377, Taf. XXX,** das Relief der Rückseite vorführt, wie Henrivaux*) es nach Péligots bei Masson erschienenen Werkes *„Le verre"* wiedergibt.

Von fast noch grösserer Kunstfertigkeit der alten Glaschneider zeugen die unter dem Namen *„vasa diatreta"* oder *„calices diatreti"* bekannten „durchbrochenen" Gefässe oder Becher, von denen uns neun verschiedene erhalten sind. Dieselben sind auf ihrer unteren, abgerundeten Hälfte von einem, durch einzelne Stifte mit dem Glaskörper verbundenen, im übrigen von demselben frei sich abhebendem Netzwerke umgeben, welches unzweifelhaft mit dem Rade aus dem ursprünglich dickwandigen Glase herausgeschliffen ist. Je nachdem dieses letztere einfarbig oder überfangen war, zeigt das Netzwerk dieselbe oder eine andere Farbe, als das Gefäss selbst. Der obere Rand dieser Becher trägt gewöhnlich eine gleichfalls farbige, und wie das Netzwerk aus der Masse herausgeschnittene Inschrift. Ueber die bei Anfertigung

---

*) Henrivaux, le verre et le cristal. 6.

dieser Gläser angewandte Technik, welche zuerst von Winkelmann als Schnitt erkannt wurde, sind freilich bis in die neueste Zeit die Ansichten geteilt gewesen, indem einige annahmen, dass das Netzwerk aus farbigen Fäden dem eigentlichen Gefässe aufgeschmolzen und nachträglich mit Aussparung der Stäbchen unterschnitten worden sei, während andere nach dem Vorgange Schweighäusers, Bibliothekars der Stadt Strassburg, welcher dies an dem dort im Jahre 1825 gefundenen Diatretum erkennen zu müssen glaubte, meinten, es seien die Fäden den aus der Masse des Gefässes hervorragenden Stiftchen aufgeschmolzen und dann durch Schliff etwas bearbeitet worden, und eine dritte Ansicht endlich in dem Netzwerke eine mittels des Schnitts durchbrochene und dem Hauptgefässe selbst durch die Stiftchen aufgelötete besondere Schale sehen wollte. Indessen machte C. Friedrich*) mit Recht darauf aufmerksam, dass eine solche Ausführung wohl noch schwieriger gewesen sein würde, als die von Winkelmann behauptete und wies gleichzeitig an der Form der Stifte des Münchner Diatreti, welches in **Fig. 378, Taf. XXX,** abgebildet ist, unzweifelhaft nach, dass die Winkelmannsche Erklärung, welcher auch Lobmeyer**) ohne alle Reserve sich anschliesst, die einzig richtige sei.

Das hier abgebildete, in München aufbewahrte Diatretum ist das einzige vollständig intakt uns erhaltene Gefäss dieser Art; es trägt auf seinem Rande die Inschrift: *Bibe multis annis,* Trinke viele Jahre! Andere zeigen andere Inschriften, wieder andere bildliche Darstellungen, so z. B. eine im Kirchenschatze von St. Marco zu Venedig aufbewahrte urnenförmige Vase eine Treibjagd.

Die Geschmacklosigkeit und Verrohung der spätern Kaiserzeit führte, wie so manche andere auch die Kunst des Glas- und Steinschneidens mehr und mehr dem Verfall entgegen. Die gewaltigen Stürme der folgenden Jahrhunderte verfehlten nicht das ihrige zur völligen Vernichtung derselben beizutragen und schon im achten Jahrhundert wird der Glyptik als einer früher geübten, verloren gegangenen Fertigkeit erwähnt.

Eins der letzten Denkmäler dieser Kunst, dem siebenten Jahrhundert angehörig, ist eine mit dem Rade geschnittene Glasgemme***), **Fig. 379 a, Taf. XXX,** welche ein auf einem Löwen über einen Leichnam hinreitendes, eine mit einem Turban bedeckte, die Linke an den Mund legende weibliche Gestalt verfolgendes Kind zeigt. Vor dem Kinde befindet sich ein Brustbild mit Strahlenkrone, hinter demselben ein mit einem Halbmonde gekröntes, ersteres die Sonne, letzteres den Mond personifizierend. Acht über den ganzen Fond verstreute Sterne und ein hinter dem Löwen befindlicher unerkennbarer Gegenstand (Schildkröte?) komplettieren die Darstellung. Das Ganze ist eine Illustration zu Psalm 8, Vers 3 ff.: „Aus dem Munde der jungen Kinder und Säuglinge hast du eine Macht (Löwe) zugerichtet um deiner Feinde willen,

---

*) Sprechsaal 1881. 118. Wir entnehmen dieser Arbeit gleichzeitig die Abbildung des Münchner Diatreti.

**) Glasindustrie p. 27.

***) Wir entnahmen Zeichnung und Beschreibung dieser, sowie der nachfolgenden Hiobsgemme C. Friedrichs schönem Werke: „Die altdeutschen Gläser", Nürnberg 1884, C. P. J. Bieling. p. 182 ff.

damit du vertilgest den Feind (weibliche Gestalt — Personifikation des Unglaubens) und die Rachgierigen (Leichnam), denn ich werde sehen die Himmel (Sonne) deiner Finger Werk, den Mond und die Sterne, die du bereitest . . . Alles hast du unter seine Füsse gethan . . . die Fische im Meere und was im Meere geht (Schildkröte). — Der Künstler griff eben einfach einige Stichworte aus dem Psalm heraus und versinnlichte dieselben durch figürliche Darstellung.

Hundert Jahre später hatte man nicht nur die Kunst des Schneidens selbst verlernt, man kannte nicht einmal mehr das zur Uebung derselben unentbehrliche Werkzeug, das so einfache Schleifrad und fing nun an, wollte man ja bildliche Darstellungen auf Glas oder Stein erzeugen, diese mit einem harten Instrumente einzuritzen. Eine Glasgemme aus dieser Zeit ist die in **Fig. 379 b, Taf. XXX**, abgebildete, welche als Illustration zu Hiob 3, 4, diesen nebst seinen drei Freunden und über den Personen am Himmel zwei Sterne und ein Kreuz zeigt. „Derselbe Tag müsse finster sein und Gott von oben herab müsse nicht nach ihm fragen; kein Glanz müsse über ihm leuchten", heisst die betreffende Stelle und es sollen die Sterne die Finsternis (Nacht), das Kreuz aber den Glanz Gottes bedeuten.

Legen auch einzelne auf uns gekommene Gegenstände, so ein in das im Aachener Domschatze aufbewahrte, kostbare sogen. Lotharkreuz eingelassenes, in Gemmenschnitt ausgeführtes Brustbild des Kaisers Lothar II. (841 bis 855), welches die Umschrift † XPE ADIVVA HLOTARIVM REG führt, sowie zwei, Szenen aus dem Leben Christi zeigende Kristallintaglien des British Museums Zeugnis dafür ab, dass um die Mitte des IX. Jahrhunderts, veranlasst vielleicht durch bizantinische Flüchtlinge selbst in Deutschland die Stein- und Glasschneidekunst neu auflebte, so schwand sie doch hier sowohl, wie in Italien bald gänzlich dahin und wir sehen selbst den Heraclius und Theophilus, diese beiden oft erwähnten Gewährsmänner des X. und XII. Jahrhunderts übereinstimmend den Rat geben, Glas und Kristall, dessen Schnitt man beabsichtige, fortwährend im warmen Blute frischgeschlachteter Böcke erweichen zu lassen, die, wie wenigstens Heraclius verlangt, vor ihrem Tode längere Zeit mit Epheu gefüttert wurden.

Nach Friedrich*) sind diese absurden Vorschriften auf Nachrichten zurückzuführen, welche aus dem Orient, wo vom X. Jahrhundert an die Glasschneiderei von den Sarazenen als einzigen Bewahrern dieser Kunst geübt wurde, in das Abendland gelangten, und die ähnlichen Absichten ihrer Verbreiter ihre Entstehung zu verdanken haben mochten, wie einst die abschreckenden Märchen der weltkundigen Phönizier.

Bis zum XIV. Jahrhundert bleibt die Kunst ausschliesslich bei den Sarazenen, dann aber ist sie wohl zunächst nach Venedig importiert worden und von da nach dem Norden gelangt. Unzweifelhaft deutschen Ursprungs sind z. B. die vier sogenannten Hedwigsbecher, von denen zwei im Museum zu Breslau, einer im Domschatze zu Krakau, der letzte im germanischen Nationalmuseum zu Nürnberg sich befindet. Dieselben sind aus schwerem, gelblichem Glase gefertigt und auf silbernen oder vergoldeten Kupferfüssen montiert; schräg einwärts geschliffene Flächen

*) a. a. O. p. 191.

sparen die als Ornamentierung dienenden stilisierten Gestalten von Löwen, Adlern, Greifen u. s. w., welche in einzelnen eingeschnittenen Querstrichen eine beginnende Modellierung erkennen lassen, in der ursprünglichen Glasstärke aus.

Der hier in **Fig. 380, Taf. XXX**, abgebildete Krakauer Hedwigsbecher*) zeigt zwischen zwei sich entgegenkommenden Löwen einen Adler mit ausgebreiteten Flügeln und ist in einen silbernen Fuss eingelassen, welcher in der Abbildung fehlt.

Die Vorgeschichte dieses Bechers ist nur bis zum Jahre 1641 bekannt, in welchem er als ein Geschenk Sigismunds Poremlokis in die Kirche der heiligen Hedwig zu Krakau kam, aus welcher er zu Ende des vorigen Jahrhunderts in den Domschatz gelangte. Dass die Bezeichnung Hedwigbecher für diese Gläser unhaltbar geworden (die heilige Hedwig starb 1243) ist von Friedrich**) überzeugend nachgewiesen und es sind in denselben lediglich der zweiten Hälfte des XIV. Jahrhunderts entstammende Nachbildungen damaszener Gläser *(ouvrés à la façon de Damas)* zu erkennen.

Schleiferei und Schneiderei blühten in der Folge wieder schnell empor und fanden namentlich zur Verarbeitung des Bergkristalls zu Luxusgefässen Anwendung. Zur Verzierung von Hohlgläsern aber konnte der Schliff sich um so weniger Bahn brechen, als er zur Verzierung der von Venedig aus Mode gewordenen zarten Gebilde wenig geeignet erschien. Dem Schnitt aber erstand gleichzeitig in der mehr und mehr beliebt gewordenen Glasmalerei eine gefährliche Konkurrentin. Nichts destoweniger aber ward die Kunst des Schneidens, insbesondere unter dem Vortritt Nürnbergs auch in Deutschland zu einer hohen Blüte gefördert, wenn sie auch, wie die zur Verzierung venezianischer und ähnlicher Gläser in Aufnahme gekommene Diamantgravierung, nur von einzelnen begabten Meistern als Kunst geübt wurde. Zur Industrie aber wurde die Schleiferei und Schneiderei des Glases erst zu Ende des XVII. und zu Anfang des XVIII. Jahrhunderts durch die böhmischen Glaskugler und Eckigreiber ausgebildet und es erlangte dieselbe bald eine um so grössere Bedeutung, je grössere Fortschritte in der Gestaltung der Formen und der Vorzüglichkeit der Ausführung sie zu verzeichnen hatten.

Die Arten des Schliffs sind sehr mannigfaltig und werden mit besonderen Benennungen bezeichnet; am bekanntesten ist der Brillantschliff, von dem es mehrere Arten gibt; andere sind: der gemuschelte Schliff, bei welchem man wieder den gewöhnlichen und den gotischen Schliff unterscheidet; ferner der Schliff mit scharfer Kante, mit Walzen, der fischschuppenartige, der geschälte mit konvexen Einschnitten, der matte Schliff, der Silberschliff u. s. w.

---

*) Nach Demmin: „Keramik Studien". Vierte Folge: Das Glas, seine Geschichte und Werkweise. Leipzig 1883, Theodor Thomas. — Demmin bezeichnet diesen Becher als den Nürnberger: es ist derselbe jedoch nach der von Friedrich a. a. O. pag. 196 gegebenen Beschreibung mit dem Krakauer identisch, während dem Nürnberger zwei Löwen und ein Greif eingeschnitten sind, welche nach links hin sich folgen.

**) a. a. O. p. 200.

Das Schleifen geschieht mittels vertikal laufender Scheiben von Eisen, Stein, Holz, Kupfer und Kork, die durch Wasser, Dampf oder eine andere Kraft in Bewegung gesetzt werden, während die früher so verbreiteten, von dem Schleifer selbst mit dem Fusse angetriebenen Scherenschleiferbänken ähnlichen Trämpelwerke immer mehr verchwinden. Die eisernen Scheiben dienen dazu, um das Glas aus dem Groben zu schleifen, und das Schleifmittel ist vorher mit Wasser angerührter scharfer Quarzsand, der sich in einem über der Scheibe befestigten, an seinem Ausfluss mit einem leicht beweglichen Stöpsel versehenen Trichter befindet. Beim groben Schliff öffnet man den Stöpsel soweit, dass der Sand zugleich mit dem Wasser hindurchgehen kann; beim feinen wird er so verschlossen, dass nur Wasser abtröpfelt. Die Scheiben von Sandstein treiben den Schliff ins Innere und schleifen den Sand heraus. Die Scheiben von Lindenholz oder einer andern weichen Holzart endlich geben die Politur. Als Schleifmittel auf dem Steine wendet man den schon gebrauchten Sand an, zuerst etwas gröbern, dann feinern. Der Sand wird in dem Masse brauchbarer, als er während der Arbeit feiner wird; doch pflegt man ihn auch durch Schlämmen besonders vorzubereiten; da sich das Glas beim Schleifen auf der Holzscheibe, was trocken geschieht, stark erhitzt, so muss der Schleifer sehr vorsichtig zu Werke gehen, damit es nicht springe. Die letzte Politur wird mit feinem geschlämmten Tripel oder noch besser mit Zinnasche, statt deren auch Zinkweiss und Zinkgrau mit Erfolg angewendet worden ist, erteilt, mit Anwendung besonderer mit Filz oder Leder überzogener Hölzer. Schliesslich geben kreisrunde Bürsten von Schweinsborsten die letzte Vollendung, indem sie in die tiefsten Einschnitte eindringen und etwaige Unvollkommenheiten beseitigen. Bei feinen Arbeiten, wo die Zeichnung leicht beschädigt werden könnte, wendet man die eiserne Scheibe gar nicht an, sondern beginnt mit dem Schleifsteine.

Statt der Schleifsteine von Sandstein bedient man sich auch künstlicher Schleifsteine; diese bestehen aus Schmirgel oder gemahlenem Feuersteine von verschiedener Feinheit des Korns, die heiss mit einer hauptsächlich aus Schellack bestehenden Harzmasse gemengt, geformt und dann stark zusammengepresst werden. Bei einer andern Art dient Wasserglas als Bindemittel, und die geformten Steine werden dann 24 Stunden der Hitze eines Porzellanofens ausgesetzt. Statt solcher massiver Schleifsteine kann man auf dieselbe Weise auch Ringe aus Schmirgel herstellen, die über eine Scheibe von Gusseisen geschoben und durch eine Platte auf jeder Seite befestigt werden.

Der Gebrauch solcher künstlicher Schleifsteine gewährt offenbar die grössten Vorteile, da dieselben von jeder beliebigen Grösse des Korns angefertigt werden können; indem man beim Schleifen mit dem mittelfeinen Schmirgel anfängt und mit dem geschlämmten feinsten fortschreitet, wird auch der Schliff feiner und feiner, so dass man zuletzt die so geschliffenen Flächen nur noch zu polieren braucht.

In neuerer Zeit ist man mehrfach bemüht gewesen, Maschinen zu konstruieren, welche die ganze Arbeit des Schleifens selbsthätig verrichten sollen.

H. Richard, dessen Bericht über die Werkzeugmaschinen der allgemeinen deutschen Patent- und Musterschutz-Ausstellung in Frankfurt am Main von 1881*) wir nachstehende Beschreibung und Zeichnung einer für Volpp, Schwarz & Komp. patentierten Maschine dieser Art entnehmen, definiert die Aufgabe, welche dieselbe erfüllen soll, dahin, dass sie ein auf ihr eingespanntes Hohlglas (Trinkglas oder dergl.) automatisch mit einer vorgeschriebenen Anzahl Facetten versieht. Dient also, wie das hier der Fall, ein gleichmässig sich drehender Sandstein als Werkzeug, so müssen folgende Arbeiten durch den Mechanismus ausgeführt werden.

Zunächst muss das Glas mit einem bestimmten Drucke gegen den Schleifstein gedrückt werden, bis die Facette auf eine bestimmte Tiefe ausgeschliffen ist; in diesem Momente muss das Glas von dem Schleifsteine entfernt, alsdann um einen Winkel, welcher genau der Anzahl der gewünschten Facetten entspricht, gedreht werden. Diese Operationen müssen sich alsdann wiederholen, bis die letzte Facette angeschliffen ist; worauf ein abermaliges Andrücken des Glases an den Stein nicht mehr stattfinden darf.

Bei der ersten Idee zur Ausführung dieser Maschine hat nun freilich nicht die Absicht vorgelegen, eine so vollkommen automatisch wirkende Maschine zu schaffen. Da aber die Facetten von der ersten, nur teilweise automatisch wirkenden, Maschine nicht gleichmässig genug hergestellt wurden, machte man die Maschine nach Ueberwindung bedeutender Schwierigkeiten vollkommener automatisch wirkend. Wenn die zu verarbeitenden Gläser vollkommen rund sind und ganz gleichmässige Wandstärke besitzen, so ist das Schleifen unter sich gleicher Facetten auf zwei Wegen möglich, nämlich entweder dadurch, dass die Achse des Glases stets um ein konstantes, vorher bestimmtes Mass der Achse des Schleifsteins genähert wird, oder dadurch, dass jede Facette mit der gleichen Anzahl Umdrehungen des Schleifsteins, resp. in der gleichen Zeit, geschliffen wird. Diese beiden Methoden sind diejenigen, welche sich wohl als die einfachsten, natürlichsten ergeben würden und man hat auch zunächst auf diesem Wege ein Resultat zu erreichen gesucht. Sie gaben jedoch soviel Ausschuss, dass sie als unbrauchbar angesehen werden mussten. Mag die gewünschte rohe Gestalt den Gläsern durch Einblasen in Formen oder direkt aus freier Hand gegeben werden, in keinem Falle werden die erhaltenen Gläser stets gleiche Grösse besitzen; ausserdem verziehen sich die Gläser leicht, wenn der Glasbläser noch rasch arbeiten muss, so dass er die Gläser nicht ordentlich kalt werden lassen kann. Es liegt auf der Hand, dass bei einem so ungleichmässigen Rohmateriale das Schleifen der Facetten nach der einen oder der anderen der oben erwähnten Methoden ein ungleichmässiges Resultat ergeben muss, indem die Facetten einmal zu tief, einmal zu flach ausfallen würden, somit an einzelnen Stellen ein Durchschleifen, an anderen nicht das genügende Zusammenstossen der Facetten erzielt würde. Beim Schleifen nach der Zeit ist die Tiefe des Schliffes ausser von dem Drucke, von der Härte des Glases und des Steines abhängig und jeder bei einer ungleichmässigen Kühlung des

*) Zeitschrift des Vereins deutsch. Ing. 1881. 620.

Glases eintretende Wechsel in der Härte desselben, bedingt eine verschiedene Schleiftiefe für die einzelnen Facetten.

Diese Schwierigkeiten sind nun bei der vorliegenden Maschine in sehr hübscher Weise gelöst, und zwar einzig unter der Annahme, dass unabhängig von der Gestalt des Glases die Dicke desselben nahezu an allen Stellen gleichmässig ist, indem man unabhängig von der Zeit des Schleifens und unabhängig von dem Abstande der Schleifstelle von der Achse des Glases, die Tiefe der Facette direkt von der Oberfläche des Glases aus bestimmt.

Die Einrichtung der Maschine wird durch die **Fig. 381** bis **387, Taf. XXXI**, in $^1/_{10}$ nat. Grösse wiedergegeben. Von diesen Figuren zeigt zunächst **Fig. 381** eine Vorderansicht, **Fig. 382** eine Seitenansicht, **Fig. 383** einen Grundriss, **Fig. 384** einen Längenschnitt in der Richtung der Glasachse und durch die Kästen, welche die Steuerungsmechanismen decken, **Fig. 385** einen Schnitt vertikal zur Glasachse, ebenfalls die Mechanismen innerhalb der Kästen blosslegend, **Fig. 386** eine Vorderansicht des Schaltwerkes und **Fig. 387** die Stellvorrichtung für die Neigung der Glasachse zur Schleifsteinachse.

Auf dem Untergestelle A, welches, auf der vorderen Seite als Trog ausgebildet, zur Aufnahme des abfliessenden Schleifwassers dient, befindet sich ein Spindelstock B, in dessen Lagern die Schleifsteinachse mit dem etwa 1,200 m Durchmesser haltenden Schleifstein C gelagert ist. Dieselbe trägt zwischen den Lagern die feste Riemenscheibe D mit dem Schnurlauf E und die lose Riemenscheibe D_1.

Auf einer Gleitbahn des Untergestelles ist ferner ein Schlitten F mit einem darauf befindlichen Kasten G gelagert, welch letzterer den Schleifarm H, sowie die verschiedenen Mechanismen trägt.

Am Spindelstock B ist noch der Arm J mit dem Riemenführer K befestigt, welcher nur durch eine Schraube, siehe **Fig. 383**, bewegt werden kann, so dass ein unbeabsichtigtes Ingangsetzen der Maschine dadurch vollständig verhütet ist.

Verfolgen wir nun den Gang der Operationen, um dabei allmählich die ausführenden Mechanismen kennen zu lernen, so wird es am richtigsten sein, mit dem Einspannen des Glases zu beginnen. Es wird dasselbe in den vor dem Schleifstein C liegenden Schleifarm H eingespannt. Für diesen Zweck ist auf einem eisernen Dorn b, siehe **Figur 384**, ein starkes Korkstück aufgeschoben und fest damit verbunden, welches so konisch abgedreht ist, dass es sich gerade in das zu schleifende Glas a einschieben lässt und dieses zugleich unter Beihilfe des Schleifers zentriert; mit dem nach rückwärts verlaufenden Ende wird nun der Dorn mit dem Glase in eine entsprechende Oeffnung des Cylinders b_1 eingesetzt und mit diesem durch einen nicht sichtbaren Stift in feste Verbindung gebracht. In eine Höhlung dieses Cylinder, welcher aussen durch eine cylindrisch ausgebohrte Hülse des Schleifarms H geführt wird, tritt ein anderer Cylinder c ein, der einerseits durch den als Keil dienenden Kreisabschnitt $b_{\prime\prime}$ so mit dem Cylinder $b_{\prime}$ verbunden ist, dass letzterer jede Drehbewegung frei ausführen kann, jede geradlinige Bewegung aber mit dem Cylinder c machen muss, während letzterer durch den Keil $c_{\prime}$ an jeder Drehung verhindert wird. Der Cylinder c enthält die Mutter für die Schraube d mit dem Handrade $d_{\prime}$,

so dass durch Drehung des letzteren das Glas vorwärts geschoben, resp. beim Ausspannen zurückgezogen werden kann.

Auf der anderen Seite enthält der Schleifarm ebenfalls eine ausgebohrte Hülse, in welcher ein Cylinder $c_{,,}$ geführt wird, der wiederum durch einen Keil $c_{,,,}$ an jeder Drehung gehindert wird, während eine beliebige geradlinige Bewegung mittels Schraube $d_{,,}$ mit Handrad $d_{,,,}$ stattfinden kann. Am vorderen Ende trägt der Cylinder $c_{,,}$ einen Bolzen $b_{,,,}$ mit einem Korkstück davor, welches sich beim Einspannen gegen den Boden des Glases legt. Es ergibt sich nun von selbst, wie vermittelst der beiden Schrauben nicht allein das Glas fest eingespannt, sondern auch die Stellung des Glases zum Schleifstein, also die Facettenlänge genau justiert werden kann.

Infolge des Druckes mittels der Schrauben d und $d_{,,}$ wird der Konus an b so fest in den Cylinder $b_{,}$ hineingepresst, dass derselbe nach Fertigstellung des Glases schwer wieder herauszuziehen ist; es ist daher in den vorderen Teil des Cylinders c ein Stift eingesetzt, welcher beim Zurückziehen der Cylinder c und $b_{,}$ gegen das Ende der Schraube d tritt und nun eine weitere Rückwärtsbewegung des Konus b vollständig verhindert, denselben also aus dem Cylinder $b_{,}$ herausschiebt.

Ist das Glas eingespannt, so muss dasselbe dem sich rasch drehenden Steine C zugeführt werden, damit das Schleifen beginnen kann; dieses Gegendrücken des Glases gegen den Stein geschieht durch eine oszillatorische Bewegung des Schleifarms H um seine Zapfen $h\,h$, mit welchen derselbe in dem Kasten G gelagert ist, und zwar wird diese Bewegung hervorgerufen, sowie die Grösse des Druckes bestimmt durch das Gewicht $h_{,}$ (**Fig. 382**), welches die Lenkerstange $h_{,,}$ auswärts schiebt und so die Drehung veranlasst. Um das Mass dieser Drehung, resp. des dadurch bedingten Vorschubes veränderlich zu haben, hat die Verbindung der Lenkerstange $h_{,,}$ mit dem Schleifarm in der gezeichneten Weise durch Schraube und Mutter stattgefunden (siehe auch **Fig. 383**). Ein Bestreben, diese Bewegung auszuführen, darf indessen nicht während des Einspannens vorhanden sein, es muss vielmehr zunächst der Schleifarm so gehalten werden, dass das Glas den Schleifstein nicht berühren kann; es geschieht das mit Hilfe des Winkelhebels e (vergl. **Fig. 386**), dessen Ende $e_{,}$ sich gegen den Arm $e_{,,}$, welcher sich gemeinschaftlich mit dem Hebelarm des Gewichtes $h_{,}$ auf einer Welle befindet, legt und dadurch solange jede weitere Drehung verhindert, bis durch Drehen des Gewichtes e von Hand dem Gewichte $h_{,}$ und damit dem Schleifarm eine freie Bewegung gestattet wird.

Von dem Momente, in welchem der Schleifer den Arm e hebt, sucht sich der Schleifarm gegen den Schleifstein hin zu bewegen, es legt sich das Glas gegen den Schleifstein, d. h. es wird unter dem vom Gewichte $h_{,}$ ausgeübten Drucke ein Schleifen stattfinden; dabei muss natürlich dauernd eine entsprechende Wassermenge zugeführt und ebenso das gebrauchte Wasser abgeführt werden.

Die Zuführung geschieht durch das Rohr f, welches in Verbindung steht mit einem höher stehenden Reservoir oder einer Wasserleitung; durch dieses Rohr f tritt das Wasser in eine kleine Büchse $f_{,}$, welche dicht oberhalb des zu schleifenden Glases und nahe vor dem Schleif-

stein durch Verschiebung in den Führungen $f_{,,}$ eingestellt werden kann und durch eine Anzahl nach unten gegen den Stein geneigter Löcher das Wasser gleichmässig auf der Steinbreite verteilt. Um dabei das Wasser mit möglichst wenig Druck austreten zu lassen, ist eine eigentümliche Einrichtung verwandt, welche darin besteht, dass die Büchse $f_{,}$ aus zwei ineinander gesteckten Röhren gebildet ist; das Wasser tritt nun aus dem Rohre f in das innere Rohr ein und wird von hier durch nach oben gerichtete Bohrungen in den ringförmigen Zwischenraum der beiden Rohre geleitet, die Strahlen brechen sich hier an den Wänden, umspülen das Innenrohr und treten erst dann nach unten aus dem äusseren Rohre heraus. Es ist eine derartige regelmässige Verteilung des Wassers auf dem Steine ebenso notwendig, wie die genaue runde Gestalt des Steines und seine gleichmässige Körnung und Härte (hauptsächlich für härtere Glassorten wird ein weicher, gleichmässiger Sandstein aus den Vogesen angewandt), denn sobald auch nur geringe trockene Stellen zum Schleifen kommen, findet das sogenannte „Feuerreissen" statt, d. h. es entstehen auf der Schliffläche tiefer gehende, rauhe Risse (Feuerrisse), welche, hauptsächlich wenn der Schliff bald fertig ist, nicht mehr durch das weitere Schleifen beseitigt werden und so Ausschuss veranlassen können.

Das abgehende Wasser, man könnte es nennen die Schleifmilch, wird durch die muldenartige Gestalt des Schleifarmes H (**Fig. 385**) aufgefangen, fliesst unten durch ein Paar an der tiefsten Stelle der Mulde sich befindende Löcher aus, welche dasselbe über die vordere Fläche vom Kasten G in den schon oben erwähnten Trog des Gestelles A leiten; auf solche Weise wird der gesamte innere Mechanismus vor den Einwirkungen dieses Wassers geschützt.

Die Bewegung des Schleifarms H ist nun vorläufig eine vollkommen freie, er folgt einfach den Wirkungen des Gewichtes, d. h. er wird kontinuierlich soviel vorgeschoben als durch den Schleifstein vom Glase abgenommen wird. Sobald nun aber die Facette bis zur richtigen Tiefe geschliffen ist, muss nicht allein diese Bewegung unterbrochen werden, sondern es muss nachher auch das Glas vom Stein abgehoben, gedreht und dann wieder angelegt werden. Es ist dazu ein besonderer Steuerungsmechanismus vorhanden, welcher die Forderungen in jeder Beziehung erfüllt.

Fest verbunden mit dem Schlitten F sind die beiden Kasten $F_{,}$ und $F_{,,}$, welche einen Teil dieser Mechanismen enthalten, während die übrigen Teile sich teilweise im Kasten G, teilweise am Schleifarm H befinden.

Der Kasten $F_{,}$, welcher sich dicht neben dem Schleifstein befindet, trägt oben einen Deckel i mit Schutzblech $i_{,}$, um das Eintreten von Schleifwasser zu verhindern; derselbe, möglichst durch eine Feder $i_{,,}$ ausbalanciert, ist sehr leicht um eine kleine Achse $i_{,,,}$ drehbar angeordnet und trägt den kleinen Haken $i_{,,,,}$. Ausserdem ist auf der Oberfläche des Deckels, also in ziemlichem Abstande vom Drehpunkte desselben, ein kleiner, verschiebbar angeordneter Fühler $a_{,}$ (siehe **Fig. 382, 383** und **385**) aufgeschraubt, welcher sowohl nach der Achse des Steines hin als auch seitlich genau eingestellt werden kann. Dieser Fühler steht dicht neben dem Steine und zwar an der Schleifstelle, also vor

dem Glase und tritt im allgemeinen gegen die Umfangsfläche des Steines etwas zurück; findet also jetzt das Schleifen der Facette statt, so tritt der über den Rand des Steines hinausstehende Teil des Glases nach einem gewissen Mass des Schleifens gegen diesen Fühler und dreht nun, durch Zurückschieben des Fühlers, den Deckel um seine Achse $i_{,,,,}$ dadurch die Anregung zum Abstellen des Schleifens gebend.

Der Haken $i_{,,,,}$ hatte, wie **Fig. 385** zeigt, bislang den Hebelarm k an einem kleinen Haken festgehalten, lässt denselben aber jetzt bei der stattfindenden Drehung plötzlich los, dadurch tritt das Gewicht $k_,$ in Wirksamkeit und hebt den auf einer Achse mit k befestigten Hebelarm $k_{,,}$ in die Höhe. Das Ende dieses Hebelarms legt sich infolgedessen unter das aus dem Kasten $F_{,,}$, **Fig. 384,** hervortretende Ende des Hebelarms l, welcher bislang durch das Gewicht $l_,$ niedergedrückt mit seinem winkelförmig gestalteten Ende die Friktionsscheibe S nach rechts gezogen, also ausser Eingriff mit dem Konus der Schnurrolle $E_,$ erhalten hatte. Infolge der jetzt stattfindenden Aufhebung des Druckes treten die Federn $s\,s$ in Wirksamkeit und schieben die Friktionsscheibe S in den Konus der Schnurrolle $E_,$ hinein, welche selbst, wie **Fig. 382** zeigt, dauernd von der Schnurscheibe E aus durch eine Schnur, welche über die Rolle $E_{,,}$ geleitet wird, eine rotierende Bewegung erhält. Diese Rotation wird also jetzt übertragen auf die Welle m, durch das Kegelradpaar $m_,$ auf das Getriebe $m_{,,}$ und durch dieses auf das Stirnrad n. Der vorläufige Erfolg jener kleinen Bewegung des Fühlers $a_,$ ist also lediglich eine Rotationsbewegung des Stirnrades n.

Fest verbunden mit dem Stirnrade n befindet sich ein Cylinder $n_,$ mit zwei Kurvennuten, von denen zunächst nur die Wirkung der oberen betrachtet werden mag. Dieselbe ist oben offen und über der tiefsten Stelle schwebt vor dieser Auslösung eine kleine Rolle am Ende des Hebelarmes $h_{,,,}$, welcher sich auf einer Welle mit dem Arm des Gewichtes $h_,$ befindet; wird also der Cylinder jetzt gedreht, so tritt die rasch aufsteigende Kurve gegen diese Rolle, hebt den Hebelarm und damit zugleich das Gewicht $h_,$ und zieht mittels der Lenkerstange $h_{,,}$ den Schleifarm mit dem Glase von dem Schleifstein fort. Die Kurve senkt sich, wie **Fig. 385** zeigt, dann allmählich wieder und gestattet so ein langsames Anlegen des Glases an den Schleifstein, sobald dies aber stattfindet kann der Hebelarm $h_{,,,}$ nur noch in dem Masse folgen, wie der Schleifstein seine Arbeit verrichtet, während der Cylinder $n_,$ sich weiter dreht und in die Anfangsstellung zurückkehrt. Vor der neuen Auslösung ist dann die Rolle mit dem Hebelarm $h_{,,,}$ soweit gesunken, dass dieselbe Wirkung wiederum stattfinden kann.

In der kurzen Zeit zwischen dem Abheben und Wiederanlegen müssen nun die übrigen Operationen ausgeführt werden. Hierzu dient die untere geschlossene Kurve, in welche eine kleine Rolle am Hebelarm o eingreift, die Achse dieses Hebelarmes trägt ausserhalb des Kastens G den Hebel $o_,$, **Fig. 386**, mit der Lenkerstange $o_{,,}$, welche an den die linke Hülse des Schleifarmes H umgebenden Ring p angreift. Da nun die geschlossene Nut zunächst aufwärts steigt, dann wieder fällt, so muss auch der Hebelarm $o_,$ mit der Lenkerstange $o_{,,}$ zunächst eine aufsteigende, dann eine abwärtsgehende Bewegung ausführen, und in entsprechender Weise eine oszillatorische Drehung des

Ringes p mit einem daran sich befindenden Sperrhaken $p_,$ hervorrufen. Das Mass dieser Drehung ist veränderlich zu machen, je nachdem in welcher Entfernung von der Achse der Hülse man die Lenkerstange $o_{,,}$ an den mit einem entsprechenden Arme versehenen Ringe angreifen lässt. Innerhalb der Hülse, in welche durch einen Schlitz der eben erwähnte Sperrhaken $p_,$ eingreift, befindet sich nun fest verbunden mit dem Cylinder $b_,$, **Fig. 384** und **386**, eine mit Zähnen versehene Hülse q, das Schaltrad, welches beliebig gewechselt werden kann, so dass Schalträder mit irgend einer Anzahl von Zähnen hier eingesetzt werden können. Bei der ersten Bewegung gleitet der Sperrhaken über die Zähne fort, bei der Rückwärtsbewegung dagegen greift er in den nächsten Zahn ein und dreht also das Schaltrad und damit den Cylinder $b_,$ mit dem Glase a um den der Teilung des Schaltrades entsprechenden Winkel. Es ergibt sich wohl nun von selbst, wie bei Anwendung von verschieden geteilten Schalträdern eine beliebige Anzahl von Facetten geschliffen werden kann.

Da sich, wie schon oben angegeben, nach dieser Drehung auch der Schleifarm wieder gegen den Schleifstein hin bewegt, so kann jetzt das Schleifen der neuen Facette stattfinden und so fort, wenn nur in dem richtigen Momente einerseits der Cylinder $n_,$ still gestellt und anderseits der Haken des Hebels k wieder in den Haken $i_{,,,,}$ eingehakt wird; das aber geschieht auf folgende Weise. Der durch die Kurvennut des Cylinders $n_,$ geführte Hebelarm o ist über die Rolle hinaus verlängert und so gebogen, siehe **Fig. 387** die punktierte Linie, dass das Ende mit einer kleinen Gabel an einen Zapfen der cylindrischen, in der Nabe des Kegelrades $m_,$ und des Getriebes $m_{,,}$ geführten Stange r angreifen kann; es wird also auch diese Stange zunächst gehoben, dann wieder gesenkt werden. Diese Senkung der Stange r ist es, welche die Anfangsstellung wieder hervorruft. Wenn nämlich diese Stange r ihre Abwärtsbewegung ausführt, geht ein in den Figuren angedeuteter Wulst $r_,$ an der durch eine Feder vorwärts gedrückten Falle t vorbei, so dass diese sich mit einem Ansatz unter den Hebel l legt und denselben auffängt; die Stange r geht dann ruhig weiter, drückt den Hebelarm $k_{,,}$ abwärts, hebt das Gewicht $k_,$ und verschiebt dabei den Hebelarm k soweit nach links, dass der Haken desselben wieder in den Haken $i_{,,,,}$ einhakt, dann steigt die Stange r wieder aufwärts, der Wulst $r_,$ schiebt die Falle t abermals zur Seite und da jetzt der Hebelarm $k_{,,}$ den Hebel l nicht mehr hält, so fällt dieser gerade nach einer ganzen Umdrehung des Cylinders n wieder herab, überwindet den Druck der Federn s und löst die Verbindung der Friktionskuppelung S mit $E_,$ wieder auf, wodurch in allen Teilen die Anfangsstellung erreicht ist.

Ist auf dem gesamten Umfange des Glases das Schleifen vollendet, so darf die erste Facette nicht wieder gegen den Schleifstein gelegt werden, es muss also jetzt der Schaltmechanismus ausser Thätigkeit gesetzt werden, es geschieht das auf folgende Weise: In dem Cylinder $b_,$ befindet sich eine Nut, welche bei Beginn des Schleifens so gestellt wird, dass der Hebelarm u durch einen Schlitz der Hülse des Schleifarms H hineintritt. Bei Beginn des Schleifens und der dann stattfindenden Auslösung mittels des Hebelarms $e_,$ wird dieser Arm u aus

dem Schlitz herausgehoben und legt sich von da auf den Umfang des Cylinders $b_,$, dagegengedrückt teils durch sein Eigengewicht, teils durch das Gewicht des Armes e, welcher mit einem Stift sich gegen das untere Ende des Armes u legt. Dieser Arm u veranlasst zunächst, dass der Arm $e_,$ dem Arm $e_{,,}$ beim Schalten nicht wieder in den Weg kommt, wenn aber die ganze Drehung vollendet ist, tritt das Ende des Armes u wieder in die Nut des Cylinders $b_,$ ein und gestattet nun dem Arm e soweit niederzusinken, dass sich $e_,$ dem Hebel $e_{,,}$ in den Weg stellt und die weitere Drehung des Schleifarmes H durch das Gewicht $h_,$ vollständig verhindert. Nach Ausspannen des fertigen und Einspannen eines neuen Glases und Heben des Armes e durch den Arbeiter beginnt dann die Operation von neuem. Sollen nur auf einem Teil des Umfanges Facetten geschliffen werden, wie bei Gläsern mit Henkeln, so ist es notwendig, dem Cylinder zwei derartige Nuten zu geben, so dass für den Abstand dieser Nuten ein Schleifen nicht stattfindet.

Da die Gläser, resp. sonstigen Glaswaren, welche geschliffen werden sollen, meistens konisch gestaltet sind, und die Konuzität wechselt, so ist es endlich notwendig, dem Schleifarme mit allen Mechanismen eine gewisse Drehbewegung zu erteilen; der Mechanismus dazu ist durch **Fig. 387** dargestellt. Auf dem Schlitten F ist das Zahnsegment w befestigt, in welches die Schraube $w_,$ eingreift, deren Achse, gelagert in dem Kasten G, vom Handrade $w_{,,}$ aus bewegt werden kann. Die Drehung findet statt um die Achse des Getriebes $m_{,,,}$ welche an den Schleifstein tangiert, so dass in den Schleifflächen selbst die Drehung stattfindet.

Eine besondere Einrichtung ist noch getroffen, um eine genaue Einstellung des Schlittens F mittels Schraube und Handrad v zu ermöglichen, wodurch zugleich die Justierung der Schlifftiefe stattfindet, während die genaue Einstellung der Lage des Glases zur Stellung des Hebels mit dem Druckgewichte $h_,$ vermittelst der Schraube und Mutter am Ende der Lenkerstange $h_{,,}$ geschieht.

Die Befestigung des Schleifsteines ergibt sich aus **Fig. 383.**

Besondere Einrichtungen dienen endlich noch zum bequemen Spannen der Leder- oder Darmseiten zum Antrieb der Friktionsrolle $E_,$, sowie zum Zentrieren der Gläser auf dem Dorne, ehe sie in die Maschine eingesetzt werden.

Sollen statt der Facetten sogenannte Augen geschliffen werden, so ist nur die Gestalt des Schleifsteins zu ändern, entweder so, dass nur eine schmale abgerundete Fläche sich darbietet, oder dass auf dem Umfange sich zwei solche Flächen befinden, deren Abstand gleich ist demjenigen zweier Augen auf dem Glase. Sind die Augen auf dem Glase versetzt, so wird zuerst nur eine zusammengehörige Abteilung geschliffen, unter Verwendung eines Schaltrades mit doppelt soviel Zähnen, als dieser einen Abteilung entsprechen würden, man lässt aber durch den Schalthaken das Schaltrad um je zwei Zähne fortbewegen. Ist diese Abteilung geschliffen, so wird das Glas in der Achsenrichtung entsprechend verstellt, alsdann der Dorn um einen Zahn versetzt und nun auf demselben Stein die zweite Achse geschliffen. In derselben

Weise kann man natürlich noch verschiedene Aenderungen eintreten lassen.

In Frankfurt waren vier solcher Maschinen ausgestellt, deren Thätigkeit allgemeines Interesse hervorrief. Ein Mann vermochte in 10 Stunden 240 ganz- und 480 halbfacettierte Gläser fertig zu stellen, während sonst gewöhnlich nur 60 bis 70 Stück in derselben Zeit von einem Arbeiter geschliffen werden.

Indessen erscheinen diese und ähnliche Maschinen (auch Raspiller & Komp. in Fennerglashütte bei Saarbrücken erhielten ein Patent auf eine solche) immer noch zu kompliziert und in ihren zahlreichen beweglichen Teilen durch den Schleifstaub zu leicht verwundbar, als dass man ihnen in dieser Gestalt einen grossen Wert für die Praxis beizumessen geneigt sein möchte.

Man macht den Maschinen auch noch den Vorwurf, dass infolge des stärkern Andrückens des Schleifobjekts an die Scheibe das erstere leichter in Schwingungen gerate, welche das sogenannte Pfeifen und im weiteren Verfolg das Springen der Gläser zur Folge haben. Tritt das Pfeifen beim Handschliff ohne sofortiges Springen ein, so gibt der Schleifer weniger Druck, was bei der Maschine nicht möglich, weshalb Maschinenschliff mehr Bruch liefert, als Handschliff. Bekanntlich sucht man das Pfeifen durch Umwickeln der Stiele bei Kelchgläsern oder durch Zwischenklemmen von Korkz wischen Glas und Henkel bei Henkelgläsern zu verhindern; doch soll ein Umfüttern der betreffenden Teile mit entsprechend geformten Bleistücken das Entstehen jener Vibrationen am wirksamsten verhüten*).

Das Schneiden des Glases, der Schnitt, ist wie das Schleifen, sehr mannigfaltig, und zerfällt in den groben, feinen, scharfen, flachen etc. Schnitt, dem Muster nach in den Karoschnitt, den gestreiften Schnitt, den Schnitt mit Guirlanden, mit Blumen, Figuren, Buchstaben, Wappen u. s. w.; überhaupt ist das Schneiden diejenige Behandlung des Glases, durch welche auf der Oberfläche des Glases vertiefte oder erhabene Verzierungen angebracht werden sollen. Das Schneiden ist eigentlich nichts anderes als ein partielles Schleifen; einzelne Teile des Glases werden fortgenommen, andere bleiben stehen. Man bedient sich daher auch ähnlicher Mittel, nämlich vertikal rotierender Scheiben aus Sandstein, Metall oder Holz, in den verschiedensten Dimensionen herab bis zur Grösse eines Stecknadelknopfs, sowie der oben erwähnten Bürstenräder, um Druck und Bewegung hervorzubringen, und des Sandes, Tripels, Schmirgels u. s. w. zum Schleifen und Polieren. Selbstverständlich muss der Glasschneider ein guter Zeichner sein.

Gewisse, früher nur Schliff und Schnitt oder auch durch die weiter unten zu besprechende Flusssäureätzung erreichbare Effekte lassen sich in höchst einfacher und wenig kostspieliger Weise durch die von Tilghmann erfundene Methode des Mattschleifens mittels feinen, scharfen, durch einen kräftigen Luftstrom oder einen Dampfstrahl gegen das Glas geschleuderten Sandes erzielen. Tilghmann wendet zur Erzeugung des Luftstroms einen Ventilator von 76 cm Durchmesser

*) Vergl. Sprechsaal 1881, 191.

und 1500 Touren pro Minute an, welcher bei einer 2,5 cm weiten Düse eine Pressung von etwa 10 cm Wassersäule liefert. Der durch eine passende Vorrichtung in die Düse eingeführte Sand wird von dem Luftstrom gegen die in 2,5 cm Entfernung vor der Düse vorbeigeführte Glasplatte geschleudert, wobei jedes Körnchen die letztere ein wenig ritzt, so dass sie in etwa 10 bis 15 Minuten vollständig matt erscheint. Durch Reservagen aus Papier, Geweben, Farben, welche aus freier Hand mittels Schablonen oder durch Umdruck (vergl. unten unter Aetzung) aufgetragen werden können, lassen sich dabei beliebige Muster aussparen und auf farbigem Ueberfangglas sowohl, wie auf blankem Glase die reizendsten Zeichnungen ausführen.

Die zartesten Tüll- und Spitzenmuster, silberzarte Landschaften, selbst Miniaturbilder können auf diese Weise seidenartig mattweiss auf blankem oder farbigem Grunde eingeschliffen werden. Indessen fehlt diesen Zeichnungen einerseits die Plastizität des Schliffs und anderseits aber zeigen sie ein ganz gleichförmiges Matt, während das Aetzen mit Flusssäure immerhin gewisse Nüancierungen des Matt erreichen lässt.

Die Anwendung der Fluss- oder Fluorwasserstoffsäure zum Aetzen des Glases gründet sich auf die grosse Verwandtschaft des Fluors zum Kiesel oder Silicium, mit welchem dasselbe eine gasförmige Verbindung (Fluorsilicium) bildet. Kommt Fluorwasserstoff mit einem Silikat in Berührung, so tritt das Fluor desselben mit dem Kiesel der Kieselsäure zu Fluorkiesel und sein Wasserstoff mit dem Sauerstoff derselben zu Wasser zusammen, während gleichzeitig auch die Basen des Silikats in die entsprechenden Fluorverbindungen übergehen.

Die Form, in welcher man den Fluorwasserstoff anwendet, ist nach den Zwecken verschieden; man lässt ihn entweder als Gas, als wässerige Lösung oder auch *in Statu nascendi* in einem Gemenge von gepulvertem Flussspat (Fluorkalcium) und Schwefelsäure oder von Fluoralkalien mit Salz- oder Essigsäure auf das Glas einwirken.

Die technische Gewinnung der wässerigen Fluorwasserstoffsäure geschieht durch Destillation des Flussspats mit Schwefelsäure unter gelinder Erwärmung, wobei in der wohlgekühlten Vorlage die Säure sich verdichtet, sei es in reinem Zustande, sei es in wässeriger Lösung, wenn die Vorlage, was die Kondensation sehr begünstigt, Wasser enthielt.

Destilliert wird aus einer bleiernen Flasche; in die Mündung derselben wird ein bleierner Pfropf eingesetzt und die Fuge mit Vitriolöl oder geschmolzenem Kautschuk verschlossen. In dem Pfropf ist mit ihrem einen Ende eine zweischenkelige Bleiröhre befestigt, deren anderes Ende in das zur Absorption der Säure bestimmte Wasser geführt wird, so dass es nur wenig in dasselbe eintaucht. Das Wasser befindet sich ebenfalls in einem Bleigefässe, welches von aussen durch Schnee oder Wasser kalt gehalten wird. Die Entwickelungsflasche wird dann im Sandbade gelinde erwärmt und die Säuredämpfe werden solange in das Wasser geleitet, bis die Flüssigkeit schwach zu rauchen beginnt; man erhält alsdann eine zum Aetzen des Glases mehr als hinreichend starke Säure. Handelt es sich darum, in einfachster Weise sich schnell eine solche Lösung zu bereiten, so lässt man Schwefel-

säure in der Kälte auf Flussspatpulver wirken, verdünnt mit Wasser und erhält nach dem Absetzen des gebildeten Gipses eine allerdings immer noch stark gipshaltige Flusssäurelösung. Die Fluorwasserstoffsäure wirkt sehr nachteilig, sowohl auf die Respirationsorgane, als auch auf andere Teile des Körpers, wenn diese dem Dampfe der Säure ausgesetzt werden. Man muss daher bei der Darstellung derselben mit der grössten Vorsicht zu Werke gehen, damit man keinen Dampf einatme oder die blosse Hand damit nicht in Berührung bringe. Die von der Fluorwasserstoffsäure verursachten Wunden sind höchst schmerzhaft und pflegen nur äusserst langsam zu heilen.

Die Flusssäure wirkt zwar auf alle Glasarten unter allen Umständen zerlegend, also ätzend, es ist aber diese Wirkung, je nach der Zusammensetzung der Gläser und der Konzentration der Säure eine mehr oder weniger energische. In allen den Fällen, in welchen es sich daher um wenig tiefgehende, zarte Aetzungen handelt, wird es dringend nötig sein, das Verhalten der zur Verfügung stehenden Säure zu der betreffenden Glassorte vorher zu ermitteln, um beurteilen zu können, wie lange man die Säure zur Erzielung des gewünschten Erfolgs werde wirken lassen müssen.

Zu dem Ende überfirnisst man ein Stück von demselben Glase, zerteilt es in fünf bis sechs einzelne Stücke, zeichnet auf jedem einige Striche mit der Nadel und überzieht sie noch mittels eines Pinsels mit der zu prüfenden Flusssäure, zuerst z. B. Nr. 6, nach einer Minute Nr. 5 u. s. f., so dass, wenn die Säure eine Minute auf Nr. 1 wirkte, sie bereits sechs Minuten auf Nr. 6 gewirkt hat. Man reinigt das Glasstück durch Abspülen mit vielem Wasser von der Säure, und nimmt mit einem Messer und mittels Terpentinöls den Firnis weg. Nach diesen Probegläsern kann dann mit Leichtigkeit die erforderliche Einwirkungsdauer der Säure bestimmt werden.

Der zu behandelnde Gegenstand von Glas wird an den Stellen, wo die Zeichnung angebracht werden soll, mit dem Aetzgrund der Kupferstecher überdeckt, oder, nachdem das Glas etwas erwärmt worden ist, mit einer durch vorsichtiges Schmelzen aus 1 Tl. weissem Wachs, 1 Tl. Mastix und 1½ Tln. Asphalt, oder aus 3 Tln. gelbem Wachs, 1 Tl. Terpentin und 1 Tl. Schmalz erhaltenen Masse überzogen. Auf den so vorbereiteten Grund wird die Zeichnung nach einer der beim Aetzen von Kupferplatten gebräuchlichen Methoden aufgetragen, worauf man mit dem Grabstichel oder der Radiernadel den Linien der Zeichnung folgt und hierbei bis auf die Oberfläche des Glases eindringt.

Um ein Gemälde in Tuschmanier aufzutragen*), giesst man etwas von einer Asphaltlösung in Kamphin auf eine Palette, legt die mit Kreide gereinigte und vor Berührung mit den Fingern bewahrte Glasplatte auf weisses Papier und hält sie zuweilen gegen das Licht und malt nun ganz so wie mit Tusche, nur dass man sich zum Verwaschen statt des Wassers reinen Kamphins bedient, welches in einem Gefässe zur Seite steht. Durch Radieren mit der Nadel nach dem Trocknen lassen sich noch einzelne Lichter aufsetzen, und manches verbessern,

*) Mitgeteilt im Kunst- und Gewerbeblatt für Bayern 1856.

wozu der Pinsel zu unbeholfen war. Die dunkelsten, also stark mit Asphalt bedeckten Stellen werden von der Fluorwasserstoffsäure gar nicht, die schwach gedeckten Mitteltöne und die ungedeckten Lichter vollkommen geätzt, so dass das geätzte Bild gegen das Licht sowohl, als gegen das Dunkel gehalten, ganz denselben Effekt wie im getuschten Zustande macht.

Für Federzeichnungen ist die Asphaltlösung, weil sie zu zähe ist und schwer aus der Feder fliesst, nicht geeignet, ebensowenig die lithographische Tinte, die zwar diesen Fehler nicht hat, dagegen die Flusssäureätzung nicht aushält. Brauchbar ist aber der gewöhnliche Aetzgrund, den man erhält, wenn man 4 Tle. Wachs, 4 Tle. Asphalt, 1 Tl. gelbes und 1 Tl. schwarzes Pech solange schmilzt, bis eine Probe, zweimal zusammengebogen, bricht, worauf man die Masse ausgiesst und zu einer Stange formt. Hiervon reibt man eine erforderliche Menge mit Kamphin auf einer Palette, streicht davon mit einem Pinsel in die Feder und giesst beim Eintrocknen Kamphin nach, oder fertigt bei grössern Arbeiten ein ganzes Gefäss voll solcher Tinte zum Eintauchen der Feder an, macht sie aber nicht dünner als dass sie gerade noch aus der Feder fliesst, weil sie sonst nicht hinreichend deckt; die Feder ist ein spitzig geschnittener Gänsekiel, Stahlfedern geben die Tinte nicht gut auf Glas ab.

Für Muster arbeitet man mit Patronen von steifem Papier, Blei- oder Messingblech, Schattierungen derselben bewirkt man durch mehrfache aufeinander gepasste Patronen, nach Art der Zimmermaler, indem man mit sehr dünner Tinte anfängt und die Schatten durch einen zweiten und dritten Anstrich hervorbringt. — Auch für breite Lettern zu Aufschriften auf Säureflaschen u. dergl. eignen sich Patronen, wo man nur einmal und zwar starke Tinte aufträgt. Für die Aufschrift muss man einen Wachsrand anbringen, damit die Masse, die hier ohnedies nicht zu dünn sein darf, nicht abfliesst.

Die nach der einen oder andern Weise vorbereitete Glasplatte umgibt man mit einem Rande von Wachs, bringt sie in einem Bleikasten in horizontale Lage, giesst die Säure darauf und bedeckt das Ganze mit einem Bleideckel. Nach beendeter Aetzung wäscht man mit Wasser, trocknet, schmilzt den Ueberzug ab und entfernt dessen letzte Spuren mittels Terpentinöls.

Zu diesen Gravierungen würde man sich auch der oben erwähnten Flüssigkeit, wie sie bei der Behandlung von Flussspat mit Schwefelsäure u. s. w. erhalten wird, bedienen können, jedenfalls ist ihre Darstellung einfacher und gefahrloser als die der reinen Säure.

Für weniger feine Zeichnungen wendet man geradezu ein Gemenge von feingepulvertem Flussspat und Schwefelsäure an, welches auf die zu ätzenden Stellen aufgetragen wird; im übrigen ist die Behandlung dieselbe.

Zu bemerken ist noch, dass die verdünnte wässerige Flusssäure stets blanke Aetzungen liefert, während diese letzteren bei der Verwendung eines Gemisches von Fluorkalcium und Schwefelsäure matt ausfallen. Matte Aetzungen erfolgen auch durch die Einwirkungen der Flusssäuredämpfe und ist die Anwendung der letzteren namentlich bei kleineren Objekten oft recht bequem. In eine flache Bleischale von

der Grösse der zu ätzenden Glastafel bringt man eine Mischung von 1 Teil Flussspat und 3 Teilen Schwefelsäure, erwärmt gelinde bis sich weisse Dämpfe zeigen und deckt dann die betreffende Platte als Deckel auf die Schale, worauf die Aetzung sofort beginnt und mit der Dauer der Einwirkung der Dämpfe immer kräftiger wird. Dass mit Rücksicht auf die bereits erwähnten höchst schädlichen Einwirkungen der Flusssäure und ihrer Dämpfe auf den Organismus bei der Ausführung dieser Arbeit grösste Vorsicht erforderlich und dieselbe nur unter einem sehr gut ziehenden Kamine oder im Freien vorgenommen werden darf, bedarf eigentlich kaum der Erwähnung.

Dieses verschiedene Verhalten der flüssigen und gasförmigen Säuren gründet sich auf den Umstand, dass bei der Anwendung der ersteren die entstandenen Fluorverbindungen in der Flüssigkeit selbst löslich sind, so dass sich deren Angriff stets eine reine, blanke Glasfläche darbietet, während die durch die Säuredämpfe entstandenen Verbindungen kein Lösungsmittel vorfinden, also auf den angeätzten Stellen sich ablagern.

Obgleich man so vielfach von der Fluorwasserstoffsäure zum Aetzen von Glas Anwendung machen sieht, so ist das Verfahren doch von manchen Mängeln nicht frei, und es ist namentlich schwierig mittels gasförmiger Fluorwasserstoffsäure auf dem Kristall- und dem gewöhnlichen Glase eine ebene und gleichmässig starke matte Aetzung hervorzubringen; denn das hierbei auftretende Wasser wird nach und nach sauer, sammelt sich in ungleich grossen Tropfen und bewirkt dann eine teilweise und ungleiche Wiederauflösung des gebildeten Fluorbleies und Fluorkalciums.

Um diesem Uebelstande zu begegnen, kommt es darauf an, die Wiederauflösung dieser Verbindungen zu verhüten. Nach einem von Kessler*) angegebenen Verfahren gelingt dies auf die folgende Weise. Man versetzt z. B. 1000 g Wasser mit 250 g kristallisiertem Fluorwasserstoff-Fluorkalium, 250 g käuflicher Salzsäure und etwa 140 g schwefelsaurem Kali, an dessen Stelle man auch schwefelsaures Ammoniak, oxalsaures Kali oder auch Chlorzink anwenden kann; mit dieser so zubereiteten Flüssigkeit wird das wie gewöhnlich mit Aetzgrund überzogene Glas, nachdem man die Zeichnung darauf angebracht hat, entweder übergossen oder überstrichen.

In den Glashütten von Baccarat, Saint Louis und Fort zu Metz hat dieses Verfahren die ältere Methode zum Mattieren und Gravieren des Kristalls, wie des gewöhnlichen Glases, grösstenteils verdrängt; in diesen Hütten verschwinden das Schleifrad und die Fluorwasserstoffsäure, welche beide für die Gesundheit der Arbeiter so nachteilig sind, mehr

---

*) Ein auch in viele deutsche Journale übergegangener Artikel der „Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris", 1866, p. 301, in welchem Tessié du Mothay und Maréchal in Metz diese Aetzmethode besprechen, hat vielfach den Glauben veranlasst, als ob die Genannten die Erfinder derselben gewesen. Indessen haben dieselben in einem durch das Journal „Les Mondes", 1867, p. 337, veröffentlichten Briefe die Priorität der Anwendung dieser Mischungen L. Kessler zuerkannt, welcher auf dieselbe schon 1858 ein Brévet genommen. Vergl. Zeitschr. d. V. d. I. 1867. p. 79.

und mehr, und werden durch die leicht zu handhabenden und in ihrer Anwendung unschädlichen Salze ersetzt.

Der Zusatz der schwefelsauren und oxalsauren Salze soll dabei in der Weise wirken, dass die entstandenen Fluorverbindungen in der Salzlösung wenig löslich sind und daher in kleinen Kristallen sich ausscheidend auf die Radierung sich auflegen und so durch partiellen Schutz der zu ätzenden Flächen ein Körnigwerden derselben bedingen. Bei der Verwendung von Fluorammonium statt des Fluorkaliums soll der Zusatz jener Salze unterbleiben können, weil in diesem Falle die Ausscheidung der Kristalle auch ohne jene erfolgt.

Ursprünglich fand das Aetzen des Glases nur wenig Anwendung, vorzüglich als eine Nebenarbeit auf dem Gebiete der Glasmalerei. Durch das Fortätzen des farbigen Ueberzugs bei Ueberfanggläsern nach bestimmten Mustern erhielt man weisse Zeichnungen auf farbigem Grunde und dies benutzte man beispielsweise um Silberstickereien auf farbigen Kleidern zu gewinnen. Durch Lasieren*) dieser weissen Stellen konnten dieselben auch zur Nachahmung von Goldverzierungen gelb gefärbt werden. Während so das Aetzen in der Kunst der Glasmalerei Verwendung fand, war es für die Industrie solange ohne grosse Bedeutung, als jedes zu dekorierende Objekt durch die umständlichen und schwierigen Arbeiten des Grundierens und Radierens vorbereitet werden musste.

Eine hochwichtige Bedeutung aber als Dekorationsmittel gewann der Prozess für die Glasindustrie durch die Erfindung des lithographischen Glasdrucks, durch welchen es ermöglicht wird, den Deckgrund in den feinsten Mustern auf die Gläser mechanisch so rein und stark aufzudrucken, dass man die so bedruckten Glastafeln ohne weiteres der Wirkung des Aetzmittels aussetzen kann.

Kessler führt zu dem Ende die zu ätzende Zeichnung auf dem Steine mit einer Lösung von Asphalt in Terpentinöl aus, umrandet nach zweistündigem Trocknen den Stein mit Wachs, ätzt mit verdünnter Salzsäure auf etwa 0,5 mm Tiefe, überzieht die ganze Fläche mit einem Aetzgrund aus 2 Tln. Stearin, 3 Tln. Asphalt und 3 Tln. Terpentinöl, nimmt den letzteren mittels eines Schabers bis auf die erhabenen Partien des Steines fort und druckt den Aetzgrund in der lithographischen Presse auf das Umdruckpapier, von welchem er sodann auf die Glastafel übertragen wird. Durch Ueberstäuben mit gepulvertem Asphalt kann man den Grund auf der Glastafel verstärken und durch Erhitzen der letzteren auf etwa 120° C. während einiger Minuten demselben grössere Festigkeit geben. Durch dieses Aufdrucken der Schutzgründe wird das mühselige Ausradieren der Zeichnungen überflüssig und die Kunst, malerisch ein Glas zu ätzen, zu einer Kunstindustrie für Massenproduktion.

Im Anschlusse an zahlreiche, von Miller über die Praxis des Glasätzens und des Glasdruckes gemachte Angaben, bemerkt Jakobsen, dass der Zinkdruck der Lithographie der leichter ausführbaren Gravierung wegen, vorzuziehen sei. Die Zinkplatten müssen von feinem, gleichmässigem Gefüge und auf der oberen Fläche ganz glatt und eben

*) Vergl. den Abschnitt über Glasmalerei.

abgezogen sein. Auf einer aus völlig trockenem Holze gemachten Platte, welche etwas grösser als die Zinktafel ist, wird letzere mittels flacher Holzschrauben an den vier Ecken befestigt und nach sorgfältiger Reinigung mit einem Aetzgrunde (Malertinte) aus

400	Teilen	französischem Terpentinöl,
100	„	syrischem Asphalt, feingepulvert,
40	„	weissem, festem Stearin,
40	„	gelbem, reinem Bienenwachs

mittels des Schleppers überzogen. Nach dem Trocknen wird die Zeichnung aufgepaust und bis auf das Zink mit grosser Sorgfalt ausradiert. Das Aetzen geschieht mittels verdünnten Königswassers aus 3 Teilen Salpetersäure, 1 Teil Salzsäure und 48 Teilen Wasser bestehend. Die richtige Tiefe der Aetzung ist 1,5 mm, da für zu zart ausgeführte Zeichnungen das Ueberdruckverfahren nicht geeignet ist.

Das Ueberdruckpapier, welches dünn, glatt und ungeleimt sein muss, wird in folgender Weise vorbereitet. 100 g Weizenstärke werden mit 400 g destillierten Wassers angerührt und mit Gummigutti oder irgend einer Anilinfarbe gefärbt. Dieser Farbenzusatz hat nur den Zweck, die präparierte Seite des Papiers erkennen zu können. Alsdann erhitzt man

1	l	destilliertes Wasser,
25	g	Kochsalz,
70	g	Glycerin,
50	g	aufgeweichten tierischen Leim,
25	g	Melasse

zum Kochen und setzt, nachdem alles gelöst, langsam und unter beständigem Umrühren die angerührte Stärke hinzu. Man lässt etwas aufkochen, nimmt vom Feuer, rührt bis zum Erkalten und drückt durch ein reines Tuch. Mit diesem Kleister, den man beliebig verdünnen kann, wird das Papier einseitig bestrichen und dieser Anstrich nach dem ersten Trocknen ein zweites Mal wiederholt.

Für die Zusammensetzung der Druckfarbe gibt Miller folgende Vorschriften.

a.		b.		
460	Teile	160	Teile	französisches Terpentinöl,
150	„	40	„	gepulverten syrischen Asphalt,
150	„	40	„	gelbes Bienenwachs,
100	„	40	„	Burgunderharz,
25	„	—	„	Rindstalg,
75	„	25	„	starker Druckfirnis.

Das Terpentinöl wird zum Kochen erhitzt und die Materialien in der angegebenen Reihenfolge hinzugefügt, der Druckfirnis jedoch erst dann, wenn die Farbe vom Feuer genommen wurde.

Das Bedrucken des Papiers kann in jeder beliebigen lithographischen Presse geschehen; zum Abziehen der Drucke aber dient eine einfache Walze aus hartem Holze, etwa 8 cm lang und 2,5 bis 3 cm dick, welche sich leicht in einem Gestell von Flacheisen mit Holzgriff dreht und mit einem Ueberzuge aus weissem Flanell ohne Naht oder mit Gummi überzogen ist.

Die Walze wird in mit Schwefelsäure angesäuertes Wasser getaucht und dann auf einem Stück Pappdeckel abgewalzt, bis sie nur noch feucht ist. Darauf wird der Abdruck unter leichtem Andrücken mit der Walze auf die Glastafel angerieben, bis das Papier infolge der gleichmässigen Durchfeuchtung eine hellere Farbe angenommen hat und die Zeichnung deutlich durchscheint. Sodann feuchtet man etwas stärker an und zieht das Papier behutsam ab, damit das letztere nicht zerreisse. Die auf der Glastafel befindliche Zeichnung wird durch Einstäuben mit Asphaltpulver verstärkt. Miller empfiehlt aber, die Platten zunächst in der Muffel soweit zu erwärmen, dass man sie noch in der Hand halten kann und sie solange darin zu lassen, bis die Zeichnung Glanz bekommt. Dauert die Erwärmung zu lange, so verschwimmen feine Linien und Konturen vollständig. Sind die Gläser soweit abgekühlt, dass man sie gut in der Hand halten kann, so bringt man den Asphaltstaub mittels eines bauschigen Dachshaarpinsels auf dieselben und entfernt das Ueberflüssige wieder durch Abpinseln mit dem sogenannten Dachsvertreiber. Noch einmal werden die Platten alsdann in der Muffel bis zur Vereinigung des Asphaltstaubes mit der Druckfarbe zu einer glänzend braunen Schicht zurückgebracht und können dann, wenn nötig, auf der Staffelei mit Malertinte nachgebessert werden.

Als Aetzflüssigkeit, welche namentlich auch für das schnelle und gleichmässige Mattieren in dieselbe einzutauchender kleiner Gegenstände sehr vorteilhaft ist, empfiehlt Miller in Bleigefässen

1) 5 Teile pulverisiertes flusssaures Kali,
4 „ pulverisiertes schwefelsaures Kali,
20 „ destilliertes Wasser,
3 1/2 „ Salzsäure

unter häufigem Umrühren und

2) 50 Teile Fluorammonium,
5 „ pulverisiertes schwefelsaures Ammoniak,
50 „ destilliertes Wasser,
10 „ reine Schwefelsäure

unter gelindem Erwärmen in einem Wasserbade zu mischen. Wenn nach völliger Lösung der Salze und dem Erkalten der Flüssigkeit Nr. 2 ein eingetauchtes Stückchen Glas in 5 bis 6 Minuten nicht so fein mattiert ist, als sei es mit dem feinsten Schmirgel geschliffen, so setzt man unter häufigem Wiederholen der Probe bis zu 10 Teilen starke Flusssäure hinzu. In Gefässen, welche aus Blei, Guttapercha oder stark mit Asphaltlack überzogener Papiermasse gefertigt wurden, mischt man behufs des Aetzens beide Flüssigkeiten, je nach der beabsichtigten Mattierung, nach verschiedenen Verhältnissen, für gewöhnliche Mattierung beispielsweise 2/3 von Nr. 1 und 1/3 von Nr. 2, für recht kräftige Mattierung dagegen gleiche Teile von beiden. Lässt nach einiger Zeit des Gebrauchs, das Mattbad in seiner Wirkung nach, so setze man auf je 100 g Fluorammonium, welche anfänglich in demselben enthalten waren, 10 bis 20 g desselben Salzes zu. Man nimmt gewöhnlich an, dass ein solcher erneuerter Zusatz von Fluorammonium

erforderlich geworden ist, wenn das Bad in 10 bis 12 Minuten nicht mehr mattiert.

Neuerdings hat E. Nienstädt*) in Berlin unter Nr. 15 590 ein Trocken-Aetz-Verfahren sich patentieren lassen, welches alle Beachtung verdient. Die zu ätzende Zeichnung, Schrift oder dergl. m. wird mittels Kautschukstempel, Schablonen, Typen, Gravierungen in Holz, Metall, Stein, mit dem Pinsel, Stift etc. etc. dem betreffenden Objekte aufgedruckt unter Anwendung einer besonders präparierten Druck- oder Schreibmasse und dann das trockene Aetzpulver mit einem trocknen Pinsel aufgetragen, wobei das letztere nur an den bedruckten Stellen haftet, und in wenigen Minuten, häufig sogar sofort, eine matte, ganz scharfe Aetzung erzeugt, genau nach den Konturen des Drucks, der Schrift etc. etc.

Für die verschiedenen Formen der zu ätzenden Gegenstände (Hohl- oder Tafelform) sind entsprechende Vorrichtungen konstruiert worden, die je nach Bedarf und Umfang der Fabrikation in ganz einfachen und billigen Geräten oder für die Grossindustrie in bewährten Handmaschinen bestehen.

Ueber die Anwendbarkeit des neuen Verfahrens teilt der Erfinder noch folgendes mit.

Wein- und Bierflaschen, Parfümerie-Gläser etc. lassen sich mit schön matten und sehr fein aussehenden Etiketten versehen, die stets sauber bleiben und niemals erneuert zu werden brauchen. Masscylinder, Liter-Flaschen, Röhren, Thermometer, sämtliche Glasgegenstände, welche in der Chemie, Optik und Mechanik gebraucht werden, sind in der einfachsten, schnellsten, sichersten und raschesten Weise im Laboratorium, in der Werkstatt zu graduieren, mit Marken und Skalen zu versehen, die dauernd deutlich sichtbar bleiben. Das langwierige, kostspielige Beschreiben mit dem Diamant veranlasst häufig Sprünge und Risse im Glase und ist ausserdem, wenn die Zeichnung sauber aussehen soll, nur sehr geschickten Händen möglich. Die gewöhnlichen Flusssäureätzungen an derartigen Instrumenten sind mit einem Gemisch aus Zinkweiss eingerieben, um die Marken recht deutlich erscheinen zu lassen. Die weisse Farbe wäscht sich beim Gebrauch aus, die Aetzung erscheint dann heller durchscheinend.

Trinkgläser jeder Form lassen sich mit Monogrammen, Trinksprüchen, Ansichten von Bädern, Landschaften etc. etc. (weit billiger und viel sauberer als die bislang in den Handel kommenden, häufig sehr ordinären, unschönen Arbeiten) schmücken. Verzierungen auf Tafelglas und emaillierte Metallplatten in Druck, Schrift und freier Handzeichnung sind weniger umständlich und billiger, als bislang herzustellen, für die Bauindustrie, für Firmenmalerei gewiss von grossem Wert. Der Kunstindustrie ist ein weites Feld geöffnet, da das Verfahren die Ausführung freier Handzeichnungen, künstlerischer Entwürfe jeder Art in direkter Wirkung zulässt.

---

*) Nienstädts Verfahren hat bereits weitere Verbreitung gefunden. Auch die kaiserl. Normaleichungskommission in Berlin hat dasselbe nach sehr sorgfältiger Prüfung acceptiert. Herr Direktor O. Rauter in Ehrenfeld bei Köln bezeichnete mir Nienstädts Erfindung als eine sehr schätzenswerte.

Die Eichung von Hohlgläsern jeder Art, der feinsten Normalinstrumente, ist nach dem neuen Verfahren sehr leicht, rasch und sicher auszuführen.

Viele Fabriken in Deutschland, Frankreich, Belgien und England haben bereits die Lizenz erworben und arbeiten namentlich Beleuchtungsartikel, Trinkgläser, überhaupt verzierte und graduierte Gläser aller Arten mit dem besten Erfolg. In Berlin, Leipzig, Paris, Lyon und London sind seit kurzem Anstalten eingerichtet, welche nach dem E. Nienstädtschen Verfahren alle in das Fach schlagenden Arbeiten ausführen.

Die zur Aetzung erforderlichen Rohmaterialien kommen in sehr kleinen Quantitäten zur Verwendung, sind ausserdem so billig, dass sie bei Kalkulationen fertiger Arbeiten kaum berücksichtigt zu werden brauchen. Da die Arbeiten von den billigsten Arbeitskräften (Mädchen, Kinder) sehr rasch und leicht auszuführen sind, so bedingt eigentlich nur die Arbeitszeit, die Geschicklichkeit und Uebung der Arbeiter, den Preis der fertigen Arbeiten.

Zur Versendung und Aufbewahrung der Rohmaterialien dienen gewöhnliche Glasgefässe, man erspart also teure Emballagen von Guttapercha, wie man deren bei der Verwendung von Fluorwasserstoffsäure als solche bedarf. —

Hyalographie ist die von Böttger und Bromeis entdeckte Kunst, auf Glasplatten zum Druck sich eignende Zeichnungen einzuätzen, genannt worden. Die genauen Angaben über dies Verfahren sind nicht veröffentlicht; man weiss nur, dass auf die mit einem dem Kupferstecherätzgrund ähnlichen Ueberzug versehenen Glasplatten die Zeichnung radiert wird, dass die Platten mit einem Wachsrand umgeben werden, damit man die zum Aetzen angewendete Flüssigkeit darauf giessen kann, die man dann solange darauf einwirken lässt, bis die feinsten Striche hinreichend tief sind. Man giesst alsdann die Flusssäure ab, wäscht die Platte mit Wasser, trocknet sie sorgfältig, bedeckt die genügend geätzten Stellen mit Aetzgrund und lässt auf die noch tiefer zu ätzenden von neuem Flusssäure einwirken, welches Verfahren bei folgerechter Wiederholung eine genügende Abstufung in der Tiefe der einzelnen Striche der Zeichnung erzielen lässt. Bei der vollkommenen Gleichartigkeit der Glasmasse ist ein Unterfressen, ein stärkeres Angreifen einzelner Stellen weit weniger zu fürchten, als bei Stahl und Kupfer.

Um die in dieser Weise geätzte Platte zum Drucke benutzen zu können, wird dieselbe auf einer etwas grösseren vollkommen ebenen Platte von Gusseisen, wie eine Spiegelplatte, mit Gips befestigt. Die Zeichnungen werden ausserordentlich scharf und zart wiedergegeben, allein es fehlt ihnen im allgemeinen der an Kupfer- und Stahlstichen gewohnte kräftige Ausdruck.

Die Zerbrechlichkeit solcher Platten beim Druck lässt sich, wie dies unter anderm in der k. k. Staatsdruckerei zu Wien in Anwendung gekommen*), am besten durch galvanische Vervielfältigung unschädlich machen.

---

*) Muspratt III, 351.

Ueber das Einätzen von Photographien endlich in Glas teilt Siegwart mit *), dass man die mit einer Chromgelatineschicht überzogene und dann unter einem Positiv oder Negativ belichtete Platte**) mit feinem Flussspat oder Kryolithpulver, welches nur an den nicht belichteten und daher klebrig gebliebenen Stellen des Ueberzugs haftet, bestäuben und nach dem Ueberziehen mit Rohkollodium in verdünnte Schwefelsäure einführen solle, worauf die Aetzung an den mit dem Pulver bedeckten Stellen vor sich geht.

---

*) Dingler, 199. 426.

**) Ausführlicher ist die Vorbereitung und Belichtung solcher Platten besprochen in Strele-Tscheuschner „Porzellan- und Glasmalerei", Weimar, 1883, B. F. Voigt.

Sechzehntes Kapitel.

Glasmalerei.

Dass schon im Altertume nicht nur die Herstellung farbiger Gläser geübt worden, dass die letzteren auch durch partielles Wegschleifen der verschiedenen Lagen überfangener Gläser zur Gewinnung farbiger Verzierungen auf farblosem oder andersfarbigem Grunde benutzt worden, ist zu erwähnen bereits mehrfach Gelegenheit gewesen.

Ausser den schon besprochenen Beispielen dieser Art zeigen zahlreiche andere uns erhaltene Gegenstände, so Perlen, Vasen, Urnen, Thränenflaschen u. dergl. nicht nur einfarbige, sondern durch Ueber- und Nebeneinanderschmelzen einfarbiger Gläser erzeugte mehrfarbige Dekorationen. Aber alle diese durch einseitiges Gravieren überfangener Gläser gewonnenen Verzierungen, mögen dieselben in Ornamenten oder bildlichen Darstellungen bestehen, sind keine eigentliche Glasmalerei, und in der That muss die vorzüglichste Eigenschaft der letzteren, gerade im durchfallenden Licht ihre wunderbare Schönheit zu zeigen, die Entwickelung dieser Kunst erst dann möglich erscheinen lassen, nachdem mit der Einführung der Glasfenster die Hauptbedingung hierfür geschaffen war.

Kombinieren wir das in der Einleitung über die Entwickelung des Glasfensters und der hiermit im engsten Zusammenhange stehenden Glasmalerei Gesagte, so finden wir, dass jenes in den alten romanischen Kirchen dazu bestimmt war, die verhältnismässig kleinen Fensteröffnungen gegen die Unbill der Witterung abzuschliessen. Früher hatten hierzu sehr gewöhnlich teppichartige Vorhänge gedient, und es lag nahe, den gewirkten Mustern dieser letzteren die Ornamentierung der Glasfenster nachzubilden, um so mehr, als es bei dem damaligen Kulturzustande der Menge, welche des Lesens unkundig, den Gebrauch des Gebetbuches nicht kannte, wenig darauf ankam, dass die satte Färbung der bunten Gläser einen grossen Teil des durch die kleinen Oeffnungen

spärlich einfallenden Lichts absorbierte. Ist die Behauptung richtig, dass besser als der von **Liebig** als Massstab hierfür in Vorschlag gebrachte Verbrauch an Seife, das Bedürfnis nach Licht den jeweiligen Kulturzustand eines Volkes beurteilen lasse; dann wird jedenfalls das XIII. Jahrhundert, in welchem der die schweren Mauermassen der romanischen Periode auflösende, die grossen Wandflächen verdrängende, durch die mächtigen Fenster dem Licht ungehinderten Eingang in das Innere der Gebäude gestattende gotische Baustil über einen grossen Teil Europas sich verbreitete, als die Zeit des bedeutsamsten Kulturfortschritts bezeichnet werden müssen.

Wie die romanischen, so zeigen auch die älteren gotischen Fenster vorwiegend teppichartige Musterungen, während das Figurale hier wie dort noch zurücktritt und medaillonartig dem Grunde eingefügt erscheint. **Fig. 388 und 389, Taf. XXXII,** zeigen die Anordnung dieser Fenster; in der Gotik aber versinnlicht der Fensterteppich nicht mehr die Abschliessung gegen Wind und Wetter, er repräsentiert vielmehr den Vorhang, welcher das durch die grossen Fenster in allzu mächtigen Wogen hereinflutende Licht in wohlthuender Weise dämpft, und durch seine Farbenglut der Innenarchitektur einen ganz besonderen poetischen Reiz verleiht, den Reichtum und die Pracht des ganzen Bauwerks erhöhend.

Freilich sind die in den Medaillons vorkommenden menschlichen Figuren plump und steif, in der naiven Weise der barbarischen Zeit anatomisch oft wunderbar verzeichnet, der Faltenwurf der Gewänder ist wenig entwickelt und die Lokaltöne der musivisch verbleiten Glaslappen nur durch einzelne schwarze Striche dürftig abschattiert. Aber gerade durch die fehlende Schattierung wird die Farbenglut der mit vielem Verständnis harmonisch abgestimmten Mosaiken nicht beeinträchtigt, während wir anderseits an den Meisterwerken alter musivischer Kunst das Vor- und Zurücktreten einzelner Farben vor andern sehr geschickt benutzt finden, um z. B. Ornamente und ganze Architekturen in Hellrot oder Goldgelb aus blauem oder dunkelrotem Grunde heraustreten zu lassen oder an menschlichen Figuren rote oder gelbe Mäntel von blauen Untergewändern abzuheben. Während die alten Glasmaler es also verstehen, nur durch geeignete Farbenzusammenstellungen fast reliefartige Erscheinungen hervorzurufen, vermeiden sie es, ähnliche Wirkungen durch perspektivische Zeichnungen zu erreichen, selbst dann noch, als mit der Entwickelung der Gotik auch das farbige Ornament der Fenster mehr und mehr der Architektur des Gebäudes sich anschliesst und reich mit Fialen und Krappen gezierte Giebel, Türme und Baldachine zeigt, unter denen einzelne grosse Figuren stehen, welche von einem durch kunstreiche Arabesken gebildeten Hintergrunde sich abheben. Wohl aber sehen wir jetzt die musivische Arbeit durch die eigentliche Malerei mächtig unterstützt; das Figürliche erscheint durch sorgfältige Ausarbeitung der Licht- und Schattenpartien vermöge des Schwarzlots modelliert, die Ueberfanggläser, das Silbergelb und andere Farben ermöglichen in gewissem Sinne eine Annäherung an die Tafelmalerei. Jetzt bildet allmählich sich jener erhabene Monumentalstil mittelalterlicher Glasmalerei aus, zu dem wir heute zurückgekehrt sind, um ihn, unterstützt durch eine reiche Farbenpalette und technische

Hilfsmittel mancherlei Art, in grösserer Vollkommenheit wiederaufleben zu lassen, **Fig. 390, Taf. XXXII**, nachdem die schon angedeuteten Verirrungen vergangener Jahrhunderte die schöne Kunst der Glasmalerei völlig zu Grunde gerichtet.

Gerade die hier erwähnte Vervollkommnung der Hilfsmittel, insbesondere die Fortschritte, welche der Glasmacher in der Anfertigung grösserer und reinerer Tafeln zu verzeichnen gehabt, sowie die Erweiterung der Malerpalette durch zahlreiche, glänzende Schmelzfarben sollten für die Kunst selbst verhängnisvoll werden, indem sie zu einer Nachahmung der um dieselbe Zeit üppig emporblühenden Oelmalerei verleiteten.

Eine solche Richtung musste um so gewisser dem Verfall entgegenführen, als die Mittel, mit dem die Oelmalerei ihre vorzüglichsten Effekte erzielt, die Abstimmung der Schatten und Halbschatten, namentlich aber die Linien- und Luftperspektive auf Glasgemälde, welche der Eigenartigkeit der Durchleuchtung wegen stets in der Fläche bleiben, sich nicht übertragen lassen. Machte das Erfolglose solcher Bestrebungen das Interesse für die Kunst erlahmen, so verchmähte die mehr und mehr Platz greifende Renaissance die bunte Farbenpracht der gemalten Fenster, nach italienischem Vorgange das neuerfundene reine weisse Glas bevorzugend; die Zeit der Reformation, den Kirchenbau wenig fördernd, liess den Bedarf an Glasmalereien um so mehr zurückgehen, als die Jünger der Kunst sich um die Einführung des letzteren in Profanbauten wenig bemüht hatten. So vereinigten sich schwer wiegende Momente, den Rückgang der Kunst einzuleiten und die also geschwächte musste um so leichter in den wilden Zeiten des kriegdurchtobten XVII. Jahrhunderts völlig unterliegen.

Erst gegen den Beginn des XIX. Jahrhunderts lebt die Glasmalerkunst zuerst in Frankreich, später auch in Deutschland wieder auf. In Frankreich knüpft sich diese Wiedergeburt an die Namen Lenoir, Brongniart, Rihl, von welchen ersterer namentlich durch das Konservieren alter Glasgemälde und Zusammenbringen einer reichen Sammlung zum Studium der verlorenen Kunst anregte. Brongniart, Direktor der nationalen Porzellanmanufaktur zu Sevres, der sich jenem zuerst zuwendete, konnte sich für die alten musivischen Arbeiten nicht erwärmen; er suchte die ihm geläufige Methode der Porzellanmalerei auf das Glas zu übertragen, unterstützt in diesem Bestreben durch die enormen Fortschritte, welche inzwischen die Glasfabrikation abermals zu verzeichnen gehabt und vermöge deren ihm jetzt 1,5 bis 1,75 m hohe Tafeln von Spiegelglas als Unterlage zur Verfügung standen.

Solche Platten ersetzen nunmehr die im XVI. und XVII. Jahrhundert verwendeten aus kleinen weissen Scheiben zusammengesetzten Tafeln, das störende Blei verschwindet und der ganze Farbenreichtum der Porzellanmalerpalette entfaltet sich auf jenen in einer bisher nicht geahnten Pracht. Aber das Einbrennen dieser Malereien verursachte unendliche Schwierigkeiten, indem die grossen Platten bei der zum Fixieren der Farben erforderlichen dunkeln Rotglut sehr leicht zu Grunde gingen; und doch mussten dieselben mehrmals übermalt und dem Ofen anvertraut werden. Die hierdurch bedingte Kostbarkeit solcher Gemälde, sowie der Umstand, dass alle die zierlichen Blumen und Bouketts, die

allegorischen Figuren, Landschaften u. s. w. in den zarten Porzellanfarben auf das weisse, durchsichtige Glas aufgetragen im durchfallenden Lichte nicht im entferntesten an die satten Farben der musivischen Malerei heranreichten, konnte das Interesse für diese Kunst nicht lange rege erhalten und schon im zweiten Viertel des Jahrhunderts kehrte man in Frankreich, angeregt durch englischen Einfluss, früher noch in Deutschland infolge der Bestrebungen Franks, eines Nürnberger Porzellanmalers, zu der, nunmehr mit einer, durch eine reiche Palette verbesserter Schmelzfarben ausgezeichneten, Tafelmalerei, kombinierten Mosaik zurück.

Was nun das Ornament an und für sich anlangt, so ist Klarheit der Zeichnung, vermöge deren man sich ohne alle Mühe und Verwirrung darin zurecht finden kann, eine der wesentlichsten Bedingungen. Berücksichtigt man den Umstand, dass die Kirchenfenster stets dem Auge des Beschauenden mehr oder weniger entfernt sind, erinnert man sich des eigentümlichen Feuers und des flimmernden Glanzes der durchleuchteten Gläser, so versteht man, wie jedes überflüssige Detail in der Handlung wie im Kolorit den Eindruck des Gemäldes um so mehr abschwächen muss, als die das Ineinanderverschwimmen nebeneinander liegender Farben bis zu einem gewissen Grade verhindernden Bleikonturen nach einfachen optischen Gesetzen stets von der dunkleren Farbe gleichsam verschluckt werden, so dass die dunkeln Partien auf Kosten der helleren an Ausdehnung gewinnen.

Während die bisher besprochenen Kunstverglasungen der Kirchenfenster einen doppelten Zweck erreichen lassen, indem sie ebensowohl das allzugrelle Licht abschwächen, wie sie anderseits den der Andacht geweihten Raum gegen die Aussenwelt abschliessen und der Sammlung und weihevollen Stimmung Vorschub leisten, wird man bei Profanbauten, namentlich in Privathäusern, die Dekoration so zu halten haben, dass der freie Durchblick nach aussen nicht gänzlich gehindert wird. Man wird daher entweder die Glasmalerei der unteren Fensterflügel nur auf wegnehmbaren Vorsetzern ausführen, oder man lässt die unteren Flügel ganz frei und versieht sie nur mit mosaizierten oder Grisaille-Bordüren. Auch wird man aus blankem Glase die Fenster so herstellen können, dass die Bleikonturen das Ornament bilden, wobei wiederum nicht ausgeschlossen ist, dass auch farbige Gläser, Buzenscheibchen, Wappenbilder, Medaillons u. dergl. mit eingebleit werden. Auch in schwarzer Deckfarbe ausgeführte, feinem Eisen- oder Zinkguss ähnliche Ornamente können angewendet werden; sie schliessen die Oeffnung wie zierliches Gitterwerk ab, ohne den Durchblick unmöglich zu machen. Es liegt nicht in unserer Absicht, für diese mannigfache Verwendung der Kunstverglasung in den Profanbauten, hier Vorlagen zu bringen; zur Erläuterung des Gesagten aber mögen hier in **Fig. 391** und **392, Taf. XXXII,** zwei Fensterflügel aus der bekannten Glasmalerei von Dr. Oidtmann & Komp. in Linnich eine Stelle finden.

Welche Art der Verglasung man aber in einem gegebenen Falle auch anwenden möge, stets beachte man, dass dieselbe in Zeichnung und Farbe sich stets dem Schmuck der Wände anzupassen habe, dass man also für die Ornamente des Fensters nur solcher Muster sich be-

dienen dürfe, welche gleichzeitig auch zur Wanddekoration sich eignen würden.

Nachdem einmal figürliche und bildliche Darstellungen zur Verzierung der Glasfenster mehr und mehr Eingang gefunden, so benutzte man dieselben nunmehr auch zur Dekoration von Hohlgläsern aller Art. Die Verzierung solcher Gläser mit Schmelzfarben überhaupt ist allerdings auch früher, namentlich von den Orientalen und den Venetiern, geübt worden und um die Mitte des XVI. Jahrhunderts ist sie auch in Deutschland jedenfalls längst bekannt gewesen, denn der um diese Zeit schreibende Mathesius sagt: „Nachmals hat fürwitz, jmmer ein newes vber das ander erdacht, etliche haben an die weysse glaser farben, allerley bildwerck und sprüche im küloffen brennen lassen, wie auch grosser herrn contrafactur und wappen auf scheyben gemalet, die man in die Fenster versetzet", doch trägt der älteste bekannte gemalte Willkommen, welcher nach Lobmeyr in Laxenburg sich befindet, die Jahreszahl 1547. Diese Willkommen waren grosse Humpen oder Pokale mancherlei, vorzüglich cylindrischer Gestalt, in welchen man dem eintretenden Gaste den ersten Trunk darbot. Wohl das Bestreben, die eigene Gastfreundschaft in das möglichst beste Licht zu setzen, liess diese Humpen so gross machen, dass Mathesius die unflätigen, grossen Willkommen Narrengläser nennt, die man kaum aufheben könne. Ein solcher Willkommen des Museums zu Weimar, welcher auf der Vorderseite auf Wolken tronend Gott Vater, Sohn und heiligen Geist nebst der Jahreszahl 1591 zeigt, trägt auf der Rückseite die Inschrift

Der willkomen bin ich genandt/
und werd darumb hieher gesandt/
so ausgefuttert mit guten wein/
das wer zum ersten mal kömpt rein/
den wirt man mich so setzen führ/
damit ein jder sehe und spühr/
was standes auch dieselben seindt/
das es der wirt gut mit im meindt/
wer mich williglich nimmet an/
der thut als ein verstendiger man/
und thut sich nicht sehr daführ wehrn/
solchs gereicht im und den wirt zu ehrn/
wer mich austrinkt zu ider Zeit/
den gesegnes die heilige dreifaltigkeit/.

Als aber um die Mitte des XVII. Jahrhunderts die geschliffenen Gläser mehr und mehr in Aufnahme kamen, und infolgedessen für gemalte Gläser keine hohen Preise mehr erzielt werden konnten, verfiel diese Kunst, von deren früherer hoher Blüte namentlich die sogenannten Reichshumpen beredtes Zeugnis ablegen, immer mehr, bis sie um die Mitte des XVIII. Jahrhunderts fast gänzlich unterging.

Wir hatten im vorstehenden bereits Gelegenheit, die Hauptmomente hervorzuheben, welche bei der Herstellung grösserer Glasgemälde als leitende gelten sollen. Ausser diesen aber bleibt für den ausführenden Künstler noch manches zu berücksichtigen, dessen hier kurz Erwähnung geschehen möge.

Eine isolierte Figur, aus verschiedenen Gruppen gebildete Darstellungen, ein Legendenstück, bedürfen ebensoviel verschiedener Manieren in der Komposition.

Die Engelfiguren müssen schlank und edel sein; die Ruhe ist bei ihnen mehr am Platz als die Handlung; jede unnatürliche Stellung, jede gezwungene Lage muss sorgfältig vermieden werden. Massige Draperien ohne zu viele Ornamente gestatten den Figuren bei der Betrachtung aus grossen Distanzen von dem Untergrunde kräftig sich abzuheben.

Je nach dem Platz, für den es bestimmt ist, nach der Art der Zusammensetzung und nach der Grösse der Figuren muss ein Glasgemälde behandelt und gemalt werden. Einfache und scharfe Umrisse eignen sich am besten für Figuren, die von weitem angesehen werden sollen. Eine zu steife und zu sehr ins Detail ausgeführte Arbeit gibt unter solchen Verhältnissen kältere und trübere Nüancen, wie in der Masse gefärbtes Glas kräftigere Effekte liefert, als die Anwendung von Schmelzfarben auf weissem Glase.

Das weisse Glas der modernen Fabrikation ist zu gleichmässig stark, zu durchscheinend und zu dünn, um für eine gute Malerei geeignet zu sein; man sucht daher in neuerer Zeit in der bei der Tafelglasfabrikation besprochenen Weise, durch Wiedereinführung des sogenannten Antik- und Kathedralglases, wenn man so sagen darf, dieses Uebermass von Güte zu verringern. Bei den ältern Glasgemälden ist die Stärke stets ungleich; die Gläser haben gewissermassen eine linke Seite, sind mehr oder weniger gefärbt, blasig, gestreift und wie wurmstichig. Ihre durch die Zeit veränderte Oberfläche bedeckte sich ausserdem mit einer festhaftenden Salzkruste, welche das Gemälde vor der allzugrellen Durchleuchtung bewahrt, die man neueren Gemälden häufig mit nur zu gutem Rechte zum Vorwurf macht, ja man findet nicht selten die Durchsichtigkeit alter Glasgemälde durch einseitigen Auftrag einer trübenden Schicht vermindert.

Nicht minder grosses Gewicht ist endlich auf die harmonische Abstimmung der Farben selbst zu legen. Bekanntlich geben die drei einfachen Farben Gelb, Rot und Blau mit den drei zusammengesetzten Farben Orange, Grün, Violett, in den Verhältnissen, in denen alle im Sonnenspektrum oder dem Regenbogen vorkommen, gemischt, weisses Licht d. h. es waltet in dieser Zusammenstellung keine einzelne Farbe vor, sie ist neutral, harmonisch abgestimmt.

Vergleicht man nun die von den einfachen Farben im Spektrum eingenommenen Flächen in Bezug auf ihre räumliche Ausdehnung miteinander, indem man gleichzeitig die zusammengesetzten Farben in ihre Komponenten, d. h. also das Orange in Gelb und Rot, das Grün in Blau und Gelb und das Violett in Rot und Blau zerlegt, und der verschiedenen Lichtstärke Rechnung trägt, so ergibt sich, dass die vom Gelb bedeckte Fläche zu der des Rot sich verhalte, wie die letztere zu der vom Blau eingenommenen, d. h. es ist die rote Fläche das geometrische Mittel aus der gelben und blauen. Diesem Verhältnisse entsprechen ziemlich genau die Zahlen

$$\text{Gelb} : \text{Rot} : \text{Blau}$$
$$= 3 : 5 : 8.$$

Rot und Blau geben in ihrer Vereinigung Violett; die letztere Farbe wird daher auch mit Gelb harmonische Zusammenstellungen liefern, wenn das Verhältnis Gelb : Violett = 3 : 5 + 8 = 3 : 13 eingehalten wird; ein solches Violett bezeichnet man daher als dem Gelb komplementär. Dasselbe ist der Fall, wenn Rot mit Grün im Verhältnis 5 : 3 + 8 = 5 : 11 oder wenn Blau mit Orange im Verhältnis 8 : 3 + 5 = 8 : 8 zusammentritt.

Zieht man nun in einem Kreise, **Fig. 396, Taf. XXXII**, drei um 120° voneinander abstehende Durchmesser und schreibt an die Schnittpunkte des ersten mit der Peripherie Rot resp. das komplementäre Grün, an die des zweiten Orange und das komplementäre Blau und an die des dritten endlich Gelb und das komplementäre Violett, so wird man sich zwischen Rot und Orange alle Nüancen des Rotorange so verteilt denken können, dass diametral entgegengesetzt die komplementäre Nüance des Blaugrün liegt u. s. f. Es werden demnach in diesem Kreise zwei am weitesten voneinander abstehende Farben, d. h. zwei Farben vom grössten Intervalle, die besten Zusammenstellungen liefern, und es wird an der Vortrefflichkeit dieser Zusammenstellung sich nichts ändern, wenn man eine dieser beiden Farben in ihre je um 60° nach rechts und links von ihr abstehenden Komponenten auflöst. Zu jeder dieser Farben können dann noch unbeschadet des Effekts einige ihr sehr nahe Nüancierungen, also Verbindungen vom kleinsten Intervall oder aber Abtönungen derselben mit Weiss oder Schwarz hinzutreten. Andere nicht in die Verbindung gehörenden Farben aber dürfen nur im kleinen beigegeben, als Drucker oder Aufputz verwendet werden. Auf diese Weise erhält man unter anderm folgende Farbenzusammenstellungen.

Rot (Karmin), Blau (Ultramarin), Gelb (Gold);
Rot (Purpur), Blau (Cyan), Gelb;
Rot (Karmin), Grün, Gelb (Gold);
Orange (Gold), Grün (Blaugrün), Violett (Lilas).

Namentlich die erste dieser Zusammenstellungen wird wie in der Ornamentik überhaupt, so namentlich in der Historien- und vorzüglich in der Glasmalerei ungemein häufig angewendet und die meisten guten Glasfenster zeigen dieselben.

Diese Farbentrias zeigt in ihrer Totalität Kraft, Pracht und Würde und ist nach Seemann*) als das Vollblut unter den Farben zu bezeichnen. Karmin ist in ihr räumlich dominierend, es verleiht dem Gelb und Blau eine gewisse Würde und Fülle, indem es das erstere wärmer und edler, das letztere klarer und durchsichtiger macht und zwar aus dem Grunde, weil die im Gefühl des Beschauers liegende Komplementärfarbe des Karmin, ein mittleres Grün, das Gelb und Blau mehr ins Grüne ziehend erscheinen lässt. Seemann fügt noch hinzu, dass auch die Madonnen- und Heiligenbilder fast aller Schulen, z. B. Raphaels sixtinische Madonna, Dolces Christus, Correggios heilige Nacht und andere, vorwiegend in den Farben dieser Trias sich bewegen und nur die in grösserem Massstabe ausgeführten noch andere hinzunehmen.

---

*) Seemann, „Harmonie der Farben", Weimar 1881, B. F. Voigt.

Auch die letzte der oben angeführten Triaden bietet eine sehr brauchbare Zusammenstellung. Allerdings liegt in derselben eine nicht zu verkennende Härte des Kontrastes, obwohl das tiefe, mittlere Grün selbst gewissermassen beruhigend wirkt, insofern es das energische und mit einiger Hast in die Erscheinung tretende Orange offener stimmt und eben auch dadurch innerlich ruhiger macht.

Welche Art von Glasgemälden man nun auch im Auge habe, ob man ein Mosaikbild anfertigen, oder ob man von weissen und in der Masse gefärbten, mit Muffelfarben bemalten Gläsern Gebrauch machen will, stets muss man die verschiedenen Teile eines und desselben Fensters miteinander verbinden und in Blei und Armaturen einfassen. Ohne die Methoden wie man das Fensterblei anfertigt und verlötet, auf welche Weise man die Glasstücke zwischen seinen Rändern einrahmt, beschreiben zu wollen, scheint es doch zweckmässig einige Bemerkungen über die Verbleiung folgen zu lassen, wie dieselbe anzubringen sei, damit sie der Malerei, statt ihr zu schaden, wie dies so häufig der Fall ist, zu Hilfe komme.

Der natürlichste Platz für das Blei ist die äussere Kontur der Gegenstände oder Figuren. Diese allgemeine, bei Mosaikgemälden leicht zu befolgende, Regel erfordert mehr Kunst, wenn man sie auf grossartige Kompositionen von erhabenem Stil, wo die allgemeine Harmonie durch die Abschwächung der Töne bedingt wird, anwendet. In der That trägt die Bleieinfassung gleichmässig dazu bei, den Effekt der dunklen Partien zu verdoppeln, wie den Glanz der lichten Stellen zu schwächen.

Wenn es sich um einen Kopf handelt, so nimmt man an, dass er ohne Schnitte und aus einem einzigen Stücke sein müsse; wenn helle Gewänder ihn umgeben, so können diese aus demselben Stück Glas angebracht werden, doch dürfen die Dimensionen nicht zu gross sein; im allgemeinen schadet die Einfassung der Figuren dem Eindruck nicht, wogegen schlechte Schnitte unzulässig sind. Das Blei verleiht den Draperien, welche die Gesichter umgeben, mehr Relief, eine Thatsache, die nicht bezweifelt werden kann. Ein solches Kleid oder ein solcher Mantel hat oft einen beträchtlichen Umfang; allein es würde dem Gesamteindruck sehr nachteilig sein, sie auf einem einzigen Stück Glas anzubringen. Man zerschneidet sie nach einzelnen Stücken der Kleidung, wie Gürtel, Schärpe, Aermel, Kragen etc. In Ermangelung dieser Hilfsmittel entlehnt man sie den Falten der Kleiderstoffe, wobei man diejenigen wählen muss, welche den tiefsten Schatten zeigen.

Wenn bei einem Bilde der Himmel einen beträchtlichen Raum darbietet, so dass er nicht aus einem einzigen Stücke Glas gebildet werden kann, dann lässt sich das Blei nicht mehr verbergen. Man teilt ihn alsdann in horizontale Abschnitte, deren Grenzen mit den Stäben der Armatur zusammenfallen; an die von den senkrechten Schnitten, wie man sie zuweilen anwendet, gebildeten kleinen Unterbrechungen gewöhnt sich das Auge weniger leicht.

Wie dem nun aber auch sei, der Glasmaler muss bei der Disposition der Abschnitte die Schwierigkeit der Bleifassung in Betracht ziehen, er muss die Kraftstriche vermeiden und alle störenden Hindernisse entfernen, die jedenfalls zu einer Vermehrung der Kosten führen

Den eisernen Rahmen, welcher durch ebenfalls eiserne Querstangen straff gehalten wird und dem Glasgemälde die nötige Festigkeit erteilt, welche das Blei allein nicht geben würde, nennt man Armatur.

Soll ein Fenster, welches Kreuze hat, dekoriert werden, so kann eine kleine Anzahl transversaler Stäbe genügen, aber bei den modernen Fenstern mit sehr breiter Oeffnung sind zur Vervollständigung der Armatur und zum Ersatz der Kreuze, vertikale oder bogenförmige Stäbe unentbehrlich.

In der Fassung der alten Gemälde bemerkt man nur geringe Verschiedenheiten; es sind starke vierkantige eiserne Stangen, etwa 1 m voneinander entfernt, und zwischen jeder derselben befinden sich 2 oder 3 parallele und gleichweit voneinander abstehende Stäbe. Doch sieht man zuweilen auch Legendengemälde, in denen kunstreich gebogene eiserne Stangen die Form jedes Medaillons wiedergeben.

Seitdem die Glasmalerei wieder in Aufnahme gekommen, hat man es gut zu machen geglaubt, die ältern Armaturen durch eiserne in Felder abgeteilte Rahmen zu ersetzen, in der Weise zusammengeschmiedet, dass Falze entstehen, von denen die Füllungen des Gemäldes aufgenommen werden. In der Folge versuchte man, statt die Fassung auf ein System horizontaler gleichweit abstehender Linien zurückzuführen, sie in den Zügen der Zeichnung selbst sich verlieren zu lassen, wie man es sehr gewöhnlich auch bei der Bleifassung thut. Allein diese Neuerungen sind von Uebelständen verschiedener Art begleitet, unter die man auch die Verstimmung der Gemälde zählen muss, welche bei schief einfallendem Licht durch die breiten Schatten der Armierung hervorgerufen wird.

Fassen wir das Gesagte noch einmal kurz zusammen, so sehen wir, dass wir die Glasmalereien zunächst in zwei grosse Hauptklassen teilen müssen und zwar

1) in solche, bei denen die Farben im reflektierten Licht erscheinen, wie die gemalten Verzierungen von Vasen, Gläsern, Untersetzern, überhaupt von aus Glas gefertigten Gegenständen aller Art und

2) in solche, welche die Farben im durchscheinenden Lichte zeigen und bei denen man wieder unterscheidet

a) die musivische Arbeit, bei welcher ein Bild aus verschiedenfarbigen Hüttengläsern zusammengesetzt wird und da diese an und für sich schon die Lokalfarben enthalten, mit dem Pinsel nur konturiert und schattiert wird,

b) in die Tafelmalerei, bei welcher das ganze Bild mit dem Pinsel auf grosse Glastafeln gemalt wird und

c) in die kombinierte Arbeit, bei welcher beide Gattungen in demselben Bilde so miteinander vereinigt werden, dass man das letztere teils aus in der Masse gefärbten, teils aus bemalten Gläsern zusammensetzt.

Das Farbenmaterial der Glasmalerei bilden somit teils die farbigen Gläser selbst, teils die sogenannten Schmelz- oder Emailfarben, über die hier zunächst das nötige gesagt werden soll.

Die farbigen Gläser.

Wenn man weissem Glase einen Farbstoff zusetzt, dessen Farbe in starker Hitze nicht zerstört wird, so erhält man gefärbtes Glas.

Unter den organischen Körpern ist es nur der Kohlenstoff oder vielmehr der durch den Kohlenstoff aus den schwefelsauren Salzen des Glassatzes reduzierte Schwefel, welcher zum Färben des Glases Anwendung findet; und unter den unorganischen Körpern sind es mehrere Metalloxyde, die in hohem Grade die Eigenschaft besitzen, sich in dem geschmolzenen Glase aufzulösen, um ihm ihre eigentümliche Färbung mitzuteilen.

Die in dieser Weise am häufigsten angewendeten Oxyde sind: Kobalt-, Kupfer-, Mangan-, Antimon-, Eisen-, Chrom-, Zinn- und Uranoxyd; das Gold ist ebenfalls ein wichtiger Farbstoff für das Glas, doch weniger in der Form des Oxyds, wie als metallisches Gold; ebenso das Silber und auch das Kupfer.

Ausserdem benutzt man zum Färben des Glases noch phosphorsauren Kalk in Form von weissgebrannten Knochen oder als Guano, welche zur Darstellung der Milch- und Beingläser dienen, während die als Alabaster- und Reisglas gewöhnlich bezeichneten Glassorten ihre Trübung entweder Entglasungserscheinungen oder Thonerdeauscheidungen verdanken.

Diese Substanzen dienen zur Erzeugung aller Farben des Glasmalers. Einige dieser Metalle erteilen dem Glase, je nach der Oxydationsstufe, mehrere Farben. In solchen Fällen muss man, wenn man die Farbe des niedrigeren Oxyds erhalten will, dem Glase andere Stoffe zusetzen, die verhüten, dass eine höhere Oxydation eintritt. Ein hierher gehöriges Beispiel bildet das Kupfer, dessen Oxyd dem Glase eine blaugrüne Farbe erteilt, während es im metallischen Zustande äusserst fein darin verteilt den sogenannten Kupferrubin erzeugt. Um daher in der hohen Temperatur der Glasöfen die Oxydation des Metalls beim Schmelzen von Rubinglas zu verhüten oder das oxydierte wieder zu reduzieren, ist man genötigt dem schmelzenden Glase Reduktionsmittel zuzusetzen, als welche in der Regel metallisches Zinn oder Eisenoxydul (Hammerschlag) seltener Kohle dienen.

Blaues Glas wird durch Kobaltoxyd und Kupferoxyd erhalten.

Gelbes Glas durch Silber, eisenhaltiges Manganoxyd, Chromoxyd, Uranoxyd und kohlenstoffhaltige Körper.

Grünes Glas durch Chromoxyd, Kupferoxyd, Eisenoxydul, Uranoxyd, sowie in gewissen Fällen durch Vermischung von Blau und Gelb.

Violettes Glas durch Manganoxyd, Goldoxyd und durch Vermischung von Rot und Blau.

Rotes Glas durch Gold, Mangan, Silberoxyd, Kupfer und Eisenoxyd.

Weisses Glas durch Zinnoxyd und Knochenasche.

Schwarzes Glas oder die neutralen Farben, durch Vermischung mehrerer der genannten Färbemittel oder durch Zusatz eines der oben bezeichneten Körper in Ueberschuss, mit Ausnahme solcher, die Weiss

geben, wenn es sich um besseres, namentlich auch Bleiglas zu schwarzen Perlen, Knöpfen u. s. w. handelt. Für die ordinäreren, unter dem Namen Hyalith bekannten Sorten, wählt man natürlich möglichst billige Materialien, wie Lava, Schlacken, Basalt, Braunstein u. s. w.

Allgemeine Regeln bei Anfertigung von farbigem Glase.

Die Schönheit des farbigen Glases beruht auf der Reinheit und dem Glanz der Farben, und wenn die Darstellung solcher Gläser von den meisten Glasfabrikanten für schwierig gehalten wird, so muss man den Ursprung dieses Irrtums von dem Nichterfolge oberflächlicher Versuche herleiten, welche angestellt wurden, ohne Kenntnis der Veränderungen, die gewisse Oxyde im Feuer erleiden, und der Einwirkung gewisser Stoffe auf andere während des Schmelzens.

Es kommt hierbei alles auf eine richtige Auswahl der zur Darstellung von farbigem Glase zu verwendenden Materialien an, und solche, die das schönste weisse Glas liefern, sind auch die geeignetsten zur Anfertigung von gefärbtem Glase. Ebenso darf man nur Farben von vollkommener Reinheit anwenden; dies gilt besonders von den Oxyden des Kobalts, des Braunsteins und Silbers, wie von den Goldpräparaten.

Es gibt zwei verschiedene Methoden der Erzeugung von farbigem Glase; nach der einen schmilzt man weisse Glasbrocken oder gemahlenes weisses Glas mit dem mit gemahlenem weissen Glase aufs innigste gemengten Oxyde zusammen; nach der andern fügt man die Oxyde gleich dem Glassatze zu. Die erstere bietet keine Schwierigkeit und gelingt stets, sobald man nur ein weisses Glas gewählt hat, dessen Base sich mit dem zuzusetzenden färbenden Oxyde verträgt, doch wird bei aller Reinheit der erzielten Farben die Qualität des lediglich aus Brocken erschmolzenen Glases, früher Gesagtem zufolge, nur eine mittelmässige sein. Die zweite Methode dagegen bedarf weit mehr Aufmerksamkeit, und da sie zugleich diejenige ist, an welcher wir auch die erstere kennen lernen können, so werden wir uns hauptsächlich mit ihr beschäftigen.

Da zwischen dem spezifischen Gewichte der Metalloxyde und dem des Glases ein grosser Unterschied besteht, so bilden sich im Hafen oft Niederschläge jener, wenn man die Farben, statt sie vorher mit dem Satze zu mengen, erst dem flüssigen Glase zusetzt. Dies zeigt sich ganz besonders an manchen Braunsteinsorten, bei deren derartiger Verwendung stets die unteren Partien des Hafeninhalts eine dunklere violette Färbung als die oberen zeigen, während alle Schichten dieselbe Nüance besitzen, wenn der Braunstein ein integrierender Bestandteil des Glassatzes war.

Da jedoch die Kohle und die Schwefelsäure, wollte man den Braunstein einem Glassatze mit Glaubersalz zusetzen, die violette Farbe zerstören würden, so ist man bei der Verschmelzung von Sulfat gezwungen, ihn erst nach der Entfernung der Glasgalle in das flüssige Glas zu bringen. In einem solchen Falle darf man den Farbenton nicht nach einer, aus der oberen Schicht gewonnenen Probe beurteilen wollen, vielmehr nimmt man eine solche nach einem während des Kaltschürens längere Zeit fortgesetzten Rühren.

Die Verwendung schwefelsaurer Alkalien wird aber bei der Fabrikation farbiger Gläser besser ganz auszuschliessen sein.

Wenn man Braunstein und weisse Glasbrocken aus Glaubersalz oder schwefelsaurem Kali zusammenschmilzt, oder auch, wenn man den Braunstein mit einem Glassatz, dessen Fluss aus Soda oder Pottasche besteht, mengt, so erhält man stets die gewünschte violette Farbe und alle Schichten finden sich gleichmässig gefärbt; wenn man jedoch die Farbe während des Schmelzens durch Zusatz einer neuen Portion Braunsteins dunkler machen wollte, so würde man keine gleichmässige Färbung mehr erhalten. Gleiche Erscheinungen bieten sich auch beim Kupferoxyd dar.

Wenn man sich gefärbter Glasbrocken bedienen will, so muss man sie dem flüssigen Glase zugeben und nicht mit einem Satze mengen, der als Flussmittel ein Schwefelsäuresalz enthält. Hiervon machen jedoch Glasbrocken mit Kobaltblau und Chromgrün eine Ausnahme, welche man gleich dem Glassatze beifügen kann. Die gleiche Behandlung vertragen auch die Oxyde von Kobalt, Chrom, Zinn, Uran und auch der phosphorsaure Kalk.

Die Oxyde von Silber, Antimon, Kupfer und Eisen, sowie auch die Schmalte, welche nichts anderes als ein blaues Glas ist, werden in das flüssige Glas gegeben, nachdem die Glasgalle abgeschöpft ist. Die Metallsalze, wie schwefelsaures Kupfer und schwefelsaures Eisenoxyd, gelbes und rotes chromsaures Kali, Chlorgold etc., müssen in Wasser aufgelöst und in dieser Form dem Sande des Glassatzes beigemengt werden, worauf letzterer wieder getrocknet wird, während man bei der Verwendung von Sulfaten etwaige Lösungen der erstgenannten Metalle auf gemahlenes weisses Glas giesst und die letzteren, wieder getrocknet, nach Entfernung der Galle zum flüssige Glase setzt, worauf man alles gut untereinander rührt.

Das gemahlene Glas, mit welchem man die Farbstoffe mengt, muss von derselben Beschaffenheit sein, wie das Glas in den Häfen, wenigstens dann, wenn Ueberfangglas hergestellt werden soll, weil ein durch einen anderartigen Zusatz in seiner Zusammensetzung verändertes Glas zum Ueberfangen des in den andern Häfen des Ofens enthaltenen unveränderten nicht würde benutzt werden können.

Strenggenommen ist es immer besser die Farben mit weissem gemahlenen Glase zu mengen, gleichviel ob man sie dem Satz oder dem flüssigen Glase zusetzt. Denn da das Glas sehr schmelzbar ist, so hüllt es die Oxyde sofort ein, verhütet ihre Verflüchtigung, eventuell ihre Reduktion zu Metall, dessen Kügelchen die Häfen durchbohren würden. Diese Methode, die Farben zuzusetzen, trägt jedenfalls viel zur Gleichförmigkeit des farbigen Glases bei.

Bleigläser zeigen schönere, sattere, glänzendere Farben, als Alkalikalkgläser; man bedarf daher bei jenen zur Erreichung desselben Farbentons geringerer Mengen färbender Oxyde, als bei diesen, setzt auch wohl aus diesem Grunde den Alkalikalkgläsern ein oder wenige Prozente Bleioxyd zu. Im allgemeinen darf man annehmen, dass die von ein und derselben Menge eines Oxyds bewirkte Färbung um so intensiver ausfällt, je basischer das betreffende Glas ist.

Da die Metalloxyde die Schmelzbarkeit des Sandes erhöhen, so muss man dem Gewichte nach die Flussmittel in weissem Glase wenigstens um die Hälfte des angewendeten Oxyds verringern. Wenn gleichwohl die farbigen Gläser bei der Arbeit zu hitzig, d. h. wenn das Glas beim Ausschöpfen zu weich und zu flüssig ist, so begegnet man diesem Uebelstande durch den Zusatz einer grösseren Menge von gemahlenem weissen Glase.

In den Hohlgläsern erscheint die Farbe intensiver als bei Scheibenglas; man muss daher bei diesem, wenn man einen durch eine Probe von gefärbtem Becherglase gegebenen Farbenton nachahmen will, die Menge der Oxyde vermehren.

Die richtige Menge einer Farbe lehrt die Erfahrung, welche man durch die gebräuchliche Fabrikationsmethode selbst leicht erlangt; denn gewöhnlich produziert man für das Magazin nur gefärbte Gläser, die kurrent sind, obgleich die Glasmalerei jeden Farbenton würde gebrauchen können. Man beginnt daher mit der Anfertigung der hellen Töne, die man bei einer zweiten Schmelzung tiefer färbt; da man einerseits das Gewicht des weissen Glases und anderseits das des angewendeten Oxyds kennt, so gelangt man leicht dahin, die für jeden mit weissem Glase hervorzubringenden Ton nötigen Verhältnisse genau zu bestimmen.

Zuweilen erhält man Aufträge nach Proben, die genau nachgeahmt werden sollen. In einem solchen Falle zieht man die Farbentafel der Hütte zu Rate, die in einem grossen Holzrahmen viele kleine Bleirahmen enthält, deren jeder eine kleine Tafel gefärbten Glases einschliesst. Für jede Grundfarbe fertigt man einen besonderen Rahmen an, in welchem die Gläser von derselben Färbung nach der Reihe ihrer mehr oder weniger tiefen Töne eingefasst werden und wobei man vom hellsten bis zum dunkelsten Tone fortschreitet; jede Tafel trägt die in einem Verzeichnisse eingetragene Nummer ihrer Zusammensetzung. Man vergleicht nun die Nüance der nachzuahmenden Probe mit der der Fabrik, wobei man auf die Dicke und die Beschaffenheit des Glases, sowie auf die Art, wie es gefärbt worden, ob in Masse (massives Glas) oder durch Ueberfangen (Ueberfangglas), Rücksicht zu nehmen hat; denn ein Glas von gegebener Farbe kann, je nachdem es mehr oder weniger dick geblasen wurde, mehr oder weniger tiefe Töne zeigen.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen über die farbigen Gläser, wenden wir uns der Besprechung der einzelnen Sorten selbst zu.

A. Blaues Glas.

Obgleich schon bei ägyptischen Gläsern Blaufärbungen durch Kobalt vorkommen, ist es doch wenig erwiesen, ob dieselben im Altertume überhaupt in bewusster Weise erzeugt worden sind oder mehr dem Zufall, beispielsweise durch die Verwendung kobalthaltiger Metallschlacken ihre Entstehung verdanken. Die absichtliche Darstellung grösserer Mengen blauen Kobaltglases datiert mit Sicherheit erst aus der ersten Hälfte des XVI. Jahrhunderts, um welche Zeit die fragliche Eigenschaft des Kobalts durch das Experiment eines erzgebirgischen Glasmachers oder Bergmanns, Christoph Schürer mit Namen, welcher, seinen

Herrn zu schädigen, eine Kobaltstufe in einen Glashafen warf, bekannt wurde.

Dieses Vorkommnis wurde Veranlassung zur fabrikmässigen Darstellung jenes intensiv gefärbten Glases, welches in gemahlenem und geschlämmtem Zustande als gröberes oder feineres Pulver von den sogenannten Blaufarbenwerken als blaue Farbe in den Handel gebracht und zu Zwecken aller Art, in der Oel-, Glas- und Porzellanmalerei, in der Töpferei, zum Bläuen der Wäsche oder des Zeugs, in der Papierfabrikation u. s. w. in grossen Mengen verwendet wurde, bis die Erfindung des künstlichen Ultramarins gegen die Mitte unseres Jahrhunderts ihr Absatzgebiet in engere Grenzen zurückwies.

Die gröbste Sorte dieser Farbe, welche man in den Handel bringt, ist das Streublau oder der Blausand; das feinere Pulver geht unter den Namen Farbe, Kouleur oder Eschel, Fasseschel, Sumpfeschel. Die Eschel, Farben (Kouleurs), Blausande, werden im Handel bezeichnet mit E. C. B.; — O bedeutet ordinär, M mittel, F fein, SF superfein; daher heisst OE ordinäre Eschel, FC feine Farbe, FFFC sehr feine Farbe u. s. w.; die reichste und schönste Sorte wird Königsblau genannt.

Die Zusammensetzung der Schmalte ist, wie aus den nachstehenden Analysen hervorgeht ziemlich verschieden.

	Norweger Schmalte höhere Kouleur	Deutsche Eschel hoch	Deutsche Kouleur blass, grob	Azurblau I	Azurblau II
Kieselsäure	70,86	66,20	72,12	56,40	58,25
Kali	21,41	16,31	20,04	13,20	12,30
Natron				—	—
Kobaltoxydul	6,49	6,75	1,95	16,00	6,40
Nickeloxyde	—	—	—	—	4,25
Thonerde	0,43	8,64	1,80	3,50	2,75
Eisenoxydul	0,34	1,36	1,40	4,10	7,15
Arsensäure	Spur	—	0,08	Spur	deutl. Menge
Bleioxyd	—	—	—	4,70	6,10
Wasser und Kohlensäure	0,57	0,92	0,46	—	—

Hiernach charakterisiert sich die Schmalte als ein Glas von nicht nur sehr variabler Silizierungsstufe, es zeigt dieselbe auch bedeutende Variationen in der Zusammensetzung des basischen Komponenten. Die Widerstandsfähigkeit der weniger hoch silizierten Sorten gegen die Einflüsse des Wassers kann als keine besonders grosse angesprochen werden, was unzweifelhaft mit Rücksicht auf das Nassmahlen und das Schlämmen des feinen Pulvers auf die Qualität der Produkte selbst, unter denen in solchen Fällen die aus der Zersetzung des Glases hervorgegangenen geringwertigeren Eschelsorten eine hervorragende Stelle einnehmen, nur von ungünstiger Wirkung sein kann.

Als Alkali ist fast stets Kali vorhanden, da die Kobaltfärbung in Kaligläsern weit schöner ist, als in Natrongläsern und nur in seltenen Fällen dürfte neben der Pottasche auch Soda zum Schmalteschmelzen verwendet werden.

Wenn man sich zur Darstellung der Schmalte des Safflors bedient, so ist die Operation sehr einfach; denn man hat nur nötig, den Safflor

mit der geeigneten Menge Pottasche und Quarzsandes zu versetzen und bei genügender Hitze im Hafen zu einem Glase zusammenzuschmelzen. Gewöhnlich verwendet man aber geringe Kobalterze oder die, auf Blei- und Silberhütten als Nebenprodukt gewonnenen, Arsenverbindungen der verschiedensten Metalle repräsentierenden, sogenannten „Speisen", sortiert dieselben durch Handscheidung und zerkleinert sie zwischen Walzen oder Pochwerken zu einem möglichst gleichförmigen Korn. Die Schlieche werden nur bis zu einem gewissen Grade abgeröstet, so dass vorhandene Eisen-, Nickel-, Kupfer- etc. Verbindungen nicht oxydieren und Arsen genug übrig bleibt, mit diesen beim nachfolgenden Schmelzen wieder eine Speise zu bilden.

Die gerösteten Erze bilden ein graubraunes Pulver, welches mit gemahlenem Quarz und guter Pottasche in einem Troge gemengt, in Tiegel eingesetzt und in einem den Glasöfen ganz ähnlichen Ofen erhitzt werden. Man erhitzt sie stark und solange, bis nach öfterem Umrühren ein ganz gleichförmig geschmolzenes Glas in der Probe erkannt wird, die entstandene Speise sich am Boden gesammelt und auf der Oberfläche die Glasgalle sich geschieden hat. Man schiebt die letztere ab, schöpft die blaue Glasmasse mit eisernen Löffeln aus und giesst dieselbe in kaltes Wasser. Das Glas wird trocken gestampft, gesiebt und auf Granitsteinen nass gemahlen. Der Schlamm wird nach 6 Stunden in Waschfässer abgelassen, mit Wasser verdünnt, und nach einem 8 bis 10 Minuten dauernden Absetzen abgezapft. Der Rückstand ist Streublau, welches mit frischem blauem Glase nochmals vermahlen wird. Im zweiten Fass setzt sich nach 1 bis 2 Stunden die Farbe (Kouleur) ab. Nun zapft man die trübe Flüssigkeit in die Eschelfässer, wo sich der Eschel (Fasseschel) absetzt; zuletzt lässt man die Flüssigkeit in Sümpfe laufen, wo sich dann der Sumpfeschel, ein sehr geringes Produkt, absetzt.

Bei der so sehr veränderlichen Zusammensetzung der Kobalterze und der Unmöglichkeit, die Röst- und Schmelzprozesse in gleichmässiger Weise durchzuführen, gehört die Schmaltefabrikation zu einer der schwierigsten und subtilsten Arbeiten.

Da man aber jetzt wohl ausschliesslich zur Gewinnung blauer Tafel- oder Hohlgläser des reinen Kobaltoxydes sich bedient und dasselbe gegen etwaige schädliche Einflüsse während des Schmelzprozesses sehr wenig empfindlich ist, so ist gegenteils die Darstellung dieser Gläser eine sehr leichte. Soll das Glas bei einer Stärke von 1,5 bis 2 mm noch intensiv blau gefärbt sein, so wird man etwa 40 bis 50 g Kobaltoxyd auf 100 kg Alkalikalkglas zu rechnen haben, während für die mittleren Farbentöne massiven Kristalls etwa $^1/_3$ Prozent des in das Gemenge eingegangenen Sandes, für Ueberfangkristall 5 bis 6 Prozent desselben genügen.

Da im Natronglase die Kobaltfärbung zu sehr ins Violette zieht, so kann man, wo dies nicht sein darf, durch einen geringen Zusatz von Eisenoxyd oder Kupferoxyd nachhelfen, mit denselben aber auch selbstverständlich in Kali- und Bleigläsern mannigfache Nüancierungen erzeugen, auch durch Nickeloxyd die allzukalten Töne des Kobaltblaues entsprechend erwärmen.

Erscheint es dem Gesagten zufolge kaum notwendig für die Zusammensetzung blauer Gläser noch irgend weitere Vorschriften zu geben, so mögen doch der Vollständigkeit wegen einige ältere und neuere folgen.

1) Blau, böhmisches Glas zu Trinkgeschirren.

100 kg weisser Sand oder Quarz,
32 „ gereinigte Pottasche,
12 „ an der Luft zerfallener Kalk,
3 „ Schmalte Nr. 4,
2 „ Kochsalz,
1/4 „ weisser Arsenik,
100 „ blaue Glasabfälle; in Ermangelung dieser nimmt man doppelt soviel Schmalte.

2) Ein anderes Blau für dieselben Gegenstände (böhmisch).

100 kg Sand oder Quarz,
25 „ gereinigte Pottasche,
14 „ natürlicher geschmolzener Borax (?),
12 „ zerfallener Kalk,
5 „ Schmalte F.,
1/10 „ Arsenik,
100 „ blaue Glasbrocken.

3) Himmelblau, böhmisches Scheibenglas.

100 kg Sand oder Quarz,
45 „ Pottasche,
36 „ Knochenasche,
2 „ zerfallener Kalk,
3 „ Schmalte,
5 „ Kochsalz,
1/8 „ Arsenik,
100 „ blaue Glasbrocken.

Ein jedenfalls stark opakes Glas für undurchsichtige Fenster.

4) Himmelblau, Fensterglas.

100 kg des weissen Glassatzes Nr. 5, 6 und 7 auf Seite 325 weniger
10 „ Kalk,
3 „ Safflor FFS,
10 „ Knochenasche oder 1 kg Zinnoxyd.

Ebenfalls, wie das vorhergehende und folgende, ein getrübtes Glas.

5) Französisches blanes Fensterglas.

100 kg der vorigen Glassatzes,
6 „ Safflor FFS,
10 „ Knochenasche oder 1 kg Zinnoxyd.

Dieser Satz, zum Ueberfangen angewendet, gibt die Färbung des massiven Glases Nr. 4.

6) Blaues Glas aus dem XIII. Jahrhundert.

100 kg des vorstehenden Satzes,
6 „ Schmalte F,
10 „ Knochenasche,
2 „ Kupferoxyd mit
4 „ gemahlenem weissen Glase vermengt.

Soll diese Färbung durch Ueberfangen hervorgebracht werden, so vervierfacht man die Menge der Farbstoffe.

7) Indigblaues Fensterglas.

100 kg des weissen Glassatzes Nr. 4,
12 „ Schmalte F,
2 „ Safflor,
10 „ Knochenasche,
10 „ gemahlenes Glas.

Wie unzuverlässig diese Sätze*) sind, erhellt am besten aus den ganz unverhältnismässig hohen Zusätzen von Farbstoffen, welche selbst unter der Annahme geringwertigster Qualitäten derselben nicht zu erklären sind.

Henrivaux**) teilt folgende Sätze für blaues Glas mit

8)	9)	
260 kg	110 kg	Sand,
110 „	30 „	Soda,
55 „	25 „	Kreide,
— „	10 „	Mennige,
0,150 „	0,400 „	Kobaltoxyd,
— „	7 „	Kupferoxyd,
— „	6 „	Salpeter,
— „	200 „	weisse Brocken.

B. Violettes Glas.

Violett färbt man das Glas durch Braunstein entweder für sich allein oder unter Zusatz von etwas Kobaltoxyd oder Schmalte oder auch durch ein mit sehr wenig Kobaltoxyd versetztes Nickeloxyd. Letzteres hat gegenüber der Manganfärbung den grossen Vorteil grösserer Beständigkeit in der Verarbeitung. Ueber die grossen Schwierigkeiten, welche die letztere bei den manganvioletten Gläsern begegnet, ist schon wiederholt ausführlich gesprochen worden, so dass wir hier auf die Andeutung derselben uns beschränken können; auch sei gleichzeitig an die verschiedene Färbung der Kali- und Natrongläser erinnert. Im übrigen wird die Manganfärbung mehr für Tafel- als für Hohlglas in Anwendung gebracht.

---

*) In der vierten Auflage ohne Quellenangabe von Graeger mitgeteilt.

**) a. a. O. p. 425.

Aeltere Sätze*) für violettes Glas sind:

10) Rötlich violettes Glas zu Trinkgefässen (Böhmen).

100 kg Sand,
40 „ gereinigte Pottasche,
13 „ zzrfallener Kalk,
2 „ Salpeter,
2 „ Mennige,
1/4 „ Arsenik,
100 „ violette Glasabfälle,
2 „ Braunstein mit
4 „ gemahlenem Glase gemengt und dem Satze zugefügt.

11) Ein dunkleres Violett für Trinkgläser.

Man verdoppelt die Menge des Braunsteins im Satz Nr. 8 oder schmilzt

75 kg weissen Glassatz,
25 „ gemahlenes Glas,
4 „ Braunstein.

12) Violettes Fensterglas.

100 kg weisser Sand,
30 „ Soda,
2 „ Mennige,
15 „ zerfallener Kalk,
10 „ Braunstein,
100 „ gemahlenes Glas,
2 „ Salpeter.

Diese Ingredienzien werden vor dem Schmelzen miteinander gemischt.

13) Veilchenblaues Fensterglas.

100 kg eines der weissen Glassätze Nr. 5, 6 oder 7; nach der Entfernung der Glasgalle setzt man zu:
15 „ Braunstein,
2 „ Schmalte F,
4 „ Salpeter,
4 „ Mennige.

14) Weinrotviolettes Fensterglas.

100 kg von einem gemahlenen weissen Glassatze,
15 „ Manganoxyd, wie man es erhält, wenn man Braunstein mit Salpetersäure übergiesst, den Brei 8 Tage in einem Keller stehen lässt und dann glüht,
3 „ Salpeter.

Der Zweck der hier angegebenen Behandlung des Braunsteins ist gänzlich unverständlich; auch ist der Farbstoffzusatz, ebenso wie in der vorigen Vorschrift entschieden zu hoch, da 5 bis 6 Prozent desselben,

*) Nach der vierten Auflage wie oben.

auf das Glas bezogen, genügen, Glas von 1,5 mm Stärke ziemlich intensiv zu färben.

15) Violett von einer wärmeren Färbung, Ueberfangglas.

10 kg weisses gemahlenes Glas,
1 1/2 „ Braunstein,
1 „ Mennige.

Auf das gemahlene Glas giesst man eine Goldlösung von einem halben Dukaten, dampft dann ab und setzt 1/5 kg Salpeter hinzu. Während des Streckens darf kein Rauch gemacht werden. Dieses Glas gehört in die unten zu besprechende Klasse der Goldrubine.

16) Violettes Glas, massiv.

Dem vorstehenden Satz fügt man für Fensterglas
30 kg und für Trinkgläser
60 „ weisses gemahlenes Glas zu.

Violettes Glas von Bontemps.

17) rotviolett	18) braunviolett	
100 kg	100 kg	Sand,
30 „	30 „	Soda,
25 „	28 „	kohlens. Kalk
4 „	15 „	Braunstein,
1 „	2 „	Eisenoxyd,
— „	6 „	Salpeter,
— „	250 „	weisse Brocken.

Glassätze für violettes Glas mitgeteilt von Henrivaux*).

19)	20)	21)	22)	
100 kg	100 kg	260 kg	100 kg	Sand,
100 „	30 „	110 „	100 „	Soda,
36 „	30 „	110 „	20 „	Pottasche,
10 „	2 „	110 „	90 „	Mennige,
20 „	20 „	55 „	90 „	kohlens. Kalk,
20 „	100 „	100 „	90 „	Glasbrocken,
6—8 „	2 „	0,55 „	90 „	Natronsalpeter,
5 „	10 „	4 „	22 „	Braunstein,
— „	10 „	4 „	12 „	Kalisalpeter.

C. Grünes Glas.

Eisenoxydul, Kupferoxyd, Chromoxyd, Uranoxyd, sind wie bereits oben bemerkt, die Mittel zur Grünfärbung des Glases. Das Eisen wandten schon die Alten zielbewusst für diesen Zweck an, der Kupferfärbung thut zuerst Heraclius Erwähnung. Durch Zusatz von Braunstein erhält das Eisenoxydulgrün, d. h. das ordinäre Flaschengrün, die beliebte, es auch für feinere Hohlglaswaren (Römer) geeignet machende, bräun-

*) a. a. O p. 426.

liche Nüancierung. Auch das Kupferoxyd gibt für sich allein kein schönes Grün und wird daher in der Regel mit Eisenoxydul oder in Gemeinschaft mit diesem und mit Chromoxyd angewendet, welches letztere wieder für sich allein kaum gebräuchlich ist.

Das Eisen-Kupfer-Grün wird nicht selten durch einen ganz geringen Zusatz von Kobaltoxyd vertieft. Da das Kupferoxyd durch die Einwirkung reduzierender Gase sehr leicht verändert und hierdurch die Bildung des später zu besprechenden Kupferrots begünstigt wird, so ist, selbst unter Zusatz oxydierender Zuschläge, die Erschmelzung rein grüner Kupfergläser bei freier Steinkohlenfeuerung äusserst schwierig und daher unter Umständen die Verwendung gedeckter Häfen erforderlich.

Das Chromoxyd als solches ist sehr schwer verglasbar und liefert nur schwache Färbungen. Man verwendet daher statt dessen jetzt wohl ausschliesslich das gelbe und das rote chromsaure Kali an dessen Stelle, muss aber auch diese Salze, damit sie nicht ungelöst in die Galle übergehen, äusserst fein in dem Gemenge verteilen.

Für sich erhitzt zersetzt sich das doppeltchromsaure Kali in Chromoxyd und einfach chromsaures Kali; bei Gegenwart von Kieselsäure wird aber dieses in Chromsäure und in ein Kalisilikat zerlegt, so dass unter diesen Verhältnissen der ganze Chromsäuregehalt des Bichromats in Chromoxyd verwandelt wird.

Ist die vorhandene Menge des Salzes verhältnismässig gering, so erscheint das Glas durchsichtig, vollkommen homogen und grün, mit einem schwachen Stich in Gelbliche gefärbt. Ist mehr Chromsäuresalz vorhanden — bis zu einem gewissen Grade — so finden sich im Glase Flitterchen von Chromoxyd. Als den besten Satz zur Darstellung dieses, dem venezianischen Aventurin, auf den wir später noch zurückkommen werden, in gewissem Sinne ähnlichen, von seinem Erfinder — Pelouze — Chromaventurin genannten Präparats gibt Pelouze selbst nachstehende Verhältnisse an*)

Sand	250	Teile
Kohlensaures Natron .	100	„
Kalkspat	50	„
Zweifach chromsaures Kali	40	„

Abgesehen von der Farbe zeigt dieses Produkt die grösste Aehnlichkeit mit dem venezianischen Aventuringlase; es lässt sich leichter darstellen als dieses und entsteht beim Einschmelzen, während das letztere sich erst beim Kühlen bildet.

Der Chromaventurin wirft an der Sonne und an hell beleuchteten Orten glänzende Lichtstrahlen zurück und funkelt stark; in dieser Beziehung soll er nur vom Diamanten übertroffen werden; er ist härter als Fensterglas, welches er mit Leichtigkeit ritzt und schneidet, besonders aber weit härter als der venezianische Aventurin, so dass er länger seinen Glanz behält und darum einen höheren Wert hat als dieser.

*) Dingler, 179. 155 nach Compt. rend. 61. 613.

Die eingeschlossenen Kristalle zeigen die grösste Aehnlichkeit mit manchen Varietäten von blättrigem Eisenglanz oder Glimmer und kann das Material mit Vorteil zu billigen Schmucksachen verarbeitet werden.

Benrath*) erhielt aber mit dem von Pelouze angegebenen Gemenge nur sehr geringe Kristallausscheidungen, die sich vermehrten, als er den Kalkspatgehalt des Satzes um 50 Prozent vermehrte. Ein paar Vasen aus diesem Material waren 1867 auf der Pariser Ausstellung zu sehen; doch scheint dasselbe wenig Verwendung gefunden zu haben.

Grünlichgelb fluoreszierend endlich ist die Farbe des Uranglases, welches letztere bei dem jetzt billig gewordenen Preise des Uranpräparats immer mehr Anwendung findet. Zu bemerken ist hier, dass der schöne diesem Glase eigentümliche Schimmer nur im böhmischen Kristall in höchster Vollendung sich entwickelt, während er im Bleikristall einer matten Färbung weicht. Soll das Glas deutlich grün nüanciert ausfallen, so werden Eisen-Chrom-Kupferoxyd zugesetzt.

Nachstehende Glassätze**) mögen zur Erläuterung des Gesagten dienen:

23) Grünes Glas zu Trinkgläsern.

100 kg Sand,
30 „ Pottasche,
10 „ Mennige,
12 „ zerfallener Kalk,
4 „ Kupferoxyd; statt dessen kann man auch gewaschenen, kalcinierten, sehr fein gepulverten Kupferhammerschlag anwenden,
1 „ Eisenoxyd oder Eisenhammerschlag, ebenso behandelt wie der Kupferhammerschlag.

Wenn man die aus Grünglas geblasenen Gegenstände mit einer dicken Schicht von mit einer dünnen Gummilösung angeriebenem Kienruss überzieht und unter die Muffel bringt, so verwandelt sich die grüne Färbung in eine schöne rote (Kupferrubin).

In diesem Satze kann man, indem man die Verhältnisse der übrigen Materialien beibehält, die Pottasche durch Soda ersetzen.

24) Aquamaringrün zu Trinkgläsern (Böhmen).

100 kg Sand,
38 „ gereinigte Pottasche,

---

*) Glasfabrikation, 218.

**) Nr. 23 bis 31 in der vierten Auflage ohne Quellenangabe enthalten. Nr. 32 und 33 nach Bontemps, Nr. 34 nach Henrivaux a. a. O. 435. Der letztere gibt an derselben Stelle noch eine Vorschrift für grünes Glas in bedeckten Häfen, welche hier der Merkwürdigkeit wegen folgen mag:

100 kg Sand,
120 „ Mennige,
10 „ Natronsalpeter,
11 „ Kupferoxyd,
4 „ Eisenoxyd,
1,8 „ doppeltchromsaures Kali.

12 kg zerfallener Kalk,
8 „ Kupferoxyd,
4 „ Eisenoxyd,
3 „ Kochsalz,
1/8 „ Arsenik.

25) Schillerndes Grün, böhmisches Glas für Trinkgläser.

100 kg Sand,
36 „ Pottasche,
14 „ zerfallener Kalk,
1 1/2 „ Uranoxyd,
1 „ Salpeter,
1/8 „ Arsenik.

26) Chrysoprasgrün, böhmische Trinkgläser.

100 kg Sand,
40 „ Pottasche,
12 „ zerfallener Kalk,
1 1/2 „ Uranoxyd,
1 „ Kupferoxyd,
2 „ Salpeter,
1/8 „ Arsenik.

27) Grün *à la Pompadour* zu Trinkgläsern.

100 kg Sand,
36 „ Pottasche,
13 „ zerfallener Kalk,
3/4 „ Uranoxyd,
3/8 „ Kupferoxyd,
3/4 „ Eisenoxyd,
1/5 „ Manganoxyd,
1/8 „ Arsenik.

28) Blaugrünes getrübtes Fensterglas.

100 kg weisser Glassatz abzüglich 10 kg Kalk,
10 „ Knochenasche; nach dem Abschöpfen der Glasgalle setzt man noch zu
20 „ Kupfervitriol in Wasser gelöst und auf
50 „ weisses gemahlenes Glas gegossen und bei 100° C. getrocknet.

29) Grünlichgelbes getrübtes Fensterglas.

100 kg Sand,
38 „ Glaubersalz,
25 „ kohlensaurer Kalk (Kreide),
10 „ Knochenasche,
2 „ gemahlene Kohle oder Koks,
3 „ gelbes oder 1 1/2 kg rotes chromsaures Kali,
100 „ weisse Glasbrocken.

Die Lösung des chromsauren Kalis wird auf den Sand gegossen.

30) Grasgrünes Fensterglas.

Wenn der vorstehende Satz geschmolzen, fügt man ihm noch das folgende getrocknete Gemenge bei:

15 kg gemahlenes Glas mit einer Auflösung von
18 „ Kupfervitriol übergossen.

31) Dunkleres getrübtes Grasgrün.

100 kg eines Glaubersalzsatzes fügt man nach Entfernung der Glasgalle das folgende wieder getrocknete Gemenge,
10 „ weisses gemahlenes Glas, übergossen mit einer Auflösung von
15 „ Kupfervitriol,
3 „ Eisenvitriol,
3 „ Braunstein,
10 „ Knochenasche.

Wenn man weisses Soda- oder Kaliglas anwendet und den kohlensauren Kalk in diesem Satze durch zerfallenen Kalk ersetzt, so kann man die Farbstoffe gleich mit dem Satze mengen.

32) Grünlichgelbes Glas.

100 kg Sand,
30 „ Soda,
23 „ kohlensaurer Kalk,
7 „ Salpeter,
5 „ Kupferoxyd,
3 „ Eisenoxyd,
3,5 „ doppeltchromsaures Kali.

33) Gelblichgrünes Glas.

100 kg Sand,
33 „ Soda,
20 „ kohlensaurer Kalk,
7 „ Salpeter,
5 „ Kupferoxyd,
3 „ Eisenoxyd,
1,4 „ doppeltchromsaures Kali.

34) Grünes Glas für offene Häfen.

260 kg Sand,
110 „ Soda,
55 „ kohlensaurer Kalk,
0,5 „ Natronsalpeter,
0,5 „ Kupferoxyd,
1 „ doppeltchromsaures Kali.

D. Gelbes Glas.

Am schwierigsten herzustellen sind die in ihrer Masse gelb gefärbten Gläser. Von Metalloxyden besitzen wir nur das bereits unter den grünen Gläsern besprochene Uranoxyd, welches für sich allein ein grünlichgelbes Glas liefert und das Eisenoxyd, welches in Gemeinschaft mit dem Manganoxyd die gleichfalls schon an einem früheren Orte eingehender beleuchteten helllichtgelben bis dunkelorangebraunen Farben der Madeira- und Rheinweinflaschen liefert. Die Verwendbarkeit des Silbers zur Erzeugung in der Masse gelb gefärbter Gläser ist nach Ebells Untersuchungen allerdings nicht anzuzweifeln; ein sicher zum Ziele führendes Verfahren hierfür ist jedoch bislang noch nicht ermittelt worden und findet daher das Silbergelb nur als sogenannte Lasur, als solche aber sehr ausgedehnte Verwendung. Wir werden später das Lasieren der Gläser noch eingehender zu besprechen Gelegenheit haben und können uns daher hier mit diesen Andeutungen genügen lassen.

Ausser den hier genannten Färbemitteln findet noch der Schwefel Verwendung zur Gelbfärbung des Glases in seiner Masse, sei es als solcher selbst oder in Gestalt durch dem Gemenge zugesetzte organische Stoffe aus in jenem vorhandenen schwefelsauren Salzen reduzierter Schwefelmetalle. Früher hat man allerdings der betreffenden organischen Substanz selbst, die tingierende Kraft zugeschrieben und erst die Untersuchungen Splitgerbers, Pelouzes und Didierjeans haben das Irrtümliche dieser Ansicht nachgewiesen. Ganz reinen, von allen schwefelsauren Verbindungen freien Gemengen setzt man daher Schwefel in Gestalt von Schwefelblumen zu, während bei einem selbst nur unbedeutenden Gehalte des Gemenges an Schwefelsäuresalzen der reduzierende Zuschlag genügt. Selbstverständlich ist es daher auch im Grunde genommen gleichgültig, welcher Natur dieser Zuschlag sei, ob Holz- oder Steinkohle, Sägespäne von Laub- oder Nadelholz, oder irgend eine andere kohlenstoffhaltige Substanz. Daher sind denn auch die in einigen der unten folgenden Gemengevorschriften vorkommenden gebrannten Hufe einzig und allein ihres Gehaltes an tierischer Kohle wegen wirksam und könnten ebensogut durch irgend eine andere kohlehaltige Substanz in entsprechender Menge ersetzt werden. Kann man doch schliesslich die Gelbfärbung, wenn auch in nicht gerade einfacher und gleichmässiger Weise durch fortgesetztes Umrühren der Schmelze mit einem grünen Holzstabe erzielen. Da jedenfalls für eine recht gleichmässige Färbung eine möglichst feine Verteilung der Kohle im Gemenge vorteilhaft ist, so könnte der schon von Nari hierzu empfohlene Zusatz von Weinstein alle Beachtung verdienen, wenn er nicht zu kostspielig sein würde.

Wegen der in der Schmelzhitze stets wieder eintretenden teilweisen Oxydation der gebildeten Schwefelmetalle und der hierdurch bewirkten Bildung von schwefliger Säure in der Schmelze, fällt einerseits das durch Schwefelgelb gefärbte Glas leicht gispig aus, während gleichzeitig ein Festhalten bestimmter Nüancen in der Farbe kaum thunlich wird, so dass die Verwendung von gedeckten Häfen für solches Glas immerhin empfehlenswert sein wird.

An Gemengevorschriften für gelbe Gläser findet man unter andern, ausser den auf 100 Sand etwa 1,5 bis 2,5 reines Uranoxyd enthaltenden (vergl. Nr. 27), angegeben*):

35) Orangegelb für Fensterglas.

100 kg Sand,
40 „ Pottasche oder 30 kg Soda,
12 „ zerfallener Kalk,
100 „ Glasbrocken,
8 „ präparierte Kuhhufe } dem flüssigen Glase nach Ent-
5 „ gemahlenes Glas } fernung der Galle zuzufügen.

Die Kuhhufe werden auf folgende Weise zubereitet: man bringt dieselben, nachdem sie gewaschen und von den Nägeln befreit worden sind, in einen eisernen Topf, lutiert diesen und brennt eine Stunde lang. Nach dem Erkalten zerreibt, siebt und mengt man den Rückstand mit der Hälfte seines Gewichts Pottasche. Dieses Gemenge bringt man von neuem in einen eisernen Topf, lutiert den Deckel auf und glüht solange, als noch blaue Flammen am Lutum erscheinen. Dies ist der Augenblick, wo man den glühenden Tiegel aus dem Feuer nehmen muss, nach dem vollständigen Erkalten nimmt man den Inhalt heraus, pulvert ihn und bewahrt ihn in verschlossenen Gefässen auf.

Die gelbe Farbe wird dunkler, wenn man die Menge dieses Präparats erhöht.

36) Goldgelb zu Fensterglas.

100 kg Sand,
35 „ Glaubersalz,
2 „ Kohle,
20 „ kohlensaurer Kalk (Kreide),
100 „ Glasbrocken,
10 „ gemahlenes Glas,
10 „ Braunstein,
10 „ Knochenasche,
6 „ Eisenvitriol,
} Dieses Gemenge ist dem Glase nach Entfernung der flüssigen Glas zuzusetzen.

37) Ein lebhafteres Gelb.

100 kg von einem weissem Glassatze,
5 „ Mennige, } man schmilzt und fügt dem flüssi-
10 „ Knochenasche, } gen Glase zuerst
2 „ präparierte Kuhhufe und nach einer halben Stunde das Gemenge aus
10 „ gemahlenem Glase und
½ „ Chlorsilber zu.

38) Gelbe Tafelglassätze von Bontemps.

100 kg		100 kg	Sand,
45 „		28 „	Soda,

*) Nr. 35, 36 und 37 nach der vierten Auflage ohne Quellenangabe. Wir geben dieselben unter Berufung auf die einleitenden Bemerkungen unverändert wieder.

— kg	20 kg	Pottasche,
35—40 „	40 „	Kreide,
4 „	4 „	Sägespäne von frischgeschlagenem nassen Pappelholze oder Birke*).

39) Gelbes Glas nach Peligot.

100 kg Sand,
50 „ Pottasche,
25 „ zerfallener Kalk,
1,5 „ Schwefelblumen.

40) Bräunlichgelbes Glas für Fleischtöne**).

a) 100 kg weisser Glassatz; nach Entfernung der Galle wird zugesetzt
2 „ Manganoxyd,
1 „ Eisenvitriol, gelöst und
10 „ auf gemahlenes Glas gegossen.

b) 100 kg Sand,
30 „ Soda,
28 „ Kalkstein,
6 „ Kalisalpeter,
15 „ Braunstein,
2 „ Eisenoxyd,
250 „ weisse Glasbrocken.

Ausser den genannten Färbemitteln findet man in der einschlagenden Litteratur sehr häufig das Antimonoxyd als tingierende Substanz für gelbes Glas empfohlen. So gewiss aber das antimonsaure Bleioxyd, das sogenannte Neapelgelb, für die Schmelzmalerei, wie wir später sehen werden, Verwendung finden kann, indem dasselbe lediglich als gelbe Garbe mittels eines leichtflüssigen Bindemittels auf die Unterlage aufgebrannt wird: eine gelbfärbende Kraft für klargeschmolzene Gläser kommt ihm nicht zu. Es sind daher Gemengevorschriften wie die folgende***)

Zitronengelbes Glas für Trinkgläser***)

200 kg weisses Glas,
6 „ Antimonoxyd, } vorher zusammengeschmolzen,
6 „ Mennige, }
12 „ gebrannte Knochen,
30 „ gemahlenes weisses Glas

gänzlich zu verwerfen.

E. Rotes Glas.

Zur Rotfärbung des Glases dienen das Gold und das Kupfer, ersteres den je nach der Menge des Zusatzes alle Nüancen von Licht-

---

*) Vergl. das oben über die reduzierenden Zuschläge Gesagte.
**) *a)* aus der 4. Auflage; *b)* nach Bontemps: Guide de verrier, 350.
***) Vergl. 4. Aufl. p. 188.

rosa bis Purpur durchlaufenden Goldrubin, letzteres den durch seine tiefblutrote Farbe sich auszeichnenden Kupferrubin liefernd. Beide Färbemittel können sowohl für Alkalikalk- als für Bleigläser dienen, nur erscheinen in letzteren die Farben bedeutend leuchtender und glänzender. Die zarten, lichten Färbungen in der Masse gefärbter Gläser verdanken in weitaus den meisten Fällen ihre Entstehung der Verwendung des Goldes, während die tiefsatten Töne roten Ueberfangglases wohl ausnahmslos als Kupferrubin anzusprechen sind.

Rote Gläser sind auch von den Alten schon dargestellt worden; soviel wir wissen, haben dieselben aber nur das Kupfer nicht auch das Gold als Färbemittel verwendet, das erstere diente ihnen indessen nicht zur Gewinnung den heutigen Rubinen gleicher oder ähnlicher durchsichtiger Gläser; sie erzeugten mittels desselben vielmehr eine brennendrote, undurchsichtige Glasmasse, welche zu Prunkgefässen, Mosaiken u. s. w. verwendet und von Plinius*) als Hämatinon, Blutglas, erwähnt wurde. Die mittelalterlichen Glasmaler aber kannten den Kupferrubin und schon Heraclius beschreibt die Darstellung des roten Kupferglases; mit dem Verfall der Glasmalerei ging indessen auch die Bereitungsweise des Kupferrubins verloren und wurde erst im Jahre 1826 von Engelhard infolge einer Preisaufgabe des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses für Preussen wieder aufgefunden.

Der goldgefärbten Rubingläser geschieht zuerst am Ausgange des XVI. und zu Anfang des XVII. Jahrhunderts durch Libavius und Neri Erwähnung; doch ist nachweislich wirkliches Goldrubinglas zuerst von Kunckel, welchem 1679 die Leitung der Glashütte auf der Pfaueninsel bei Potsdam, welche er bis zum Jahre 1688 führte, von dem Grossen Kurfürsten übertragen wurde, gefertigt worden. Es mag hier dahingestellt bleiben, ob das im Jahre 1826 von dem Regierungsrat Mezger, in dessen Besitz die aus der Hütte auf der Pfaueninsel später hervorgegangenen Zechliner Glashütte gelangt war, veröffentlichte, aus dem Jahre 1734, d. h. 35 Jahre nach Kunckels Tode, datierte, angeblich Kunckelsche Rezept für die Bereitung des Goldrubins wirklich auf den berühmten, nach des Kurfürsten Tode nach Schweden übergesiedelten und dort vom Könige Karl XI. unter dem Namen Kunckel von Löwenstern in den Adelstand erhobenen Urheber zurückzuführen sei, immerhin mag dasselbe als interessantes Beispiel damaliger technischer Vorschriften und als Beleg für die bei der Fabrikation des Rubinglases früher notwendig erachtete Goldverschwendung hier eine Stelle finden**).

„Richtiger Rubinsatz auf einen Dukaten***).

Den Dukaten ganz klein und dünn geschlagen, in kleine Stücke zerschnitten und in ein kleines Kölbchen gethan, ein Lot Scheidewasser, drei Lot *Spiritus salis* und ein Quentchen Salmiak auf das Gold gegossen und in die Wärme gestellt, bis es auflöst.

---

*) Hist. natur. 36. 66.
**) Muspratt, III 372.
***) 1 Dukaten = 3,4905 g Gold von 98 bis 99 Prozent Feingehalt.

Erstlich nimmt man ein Lot gutes englisches oder Nürnberger Zinn, auch in ein Kölbchen und giesst fünf Lot ein Quentchen Scheidewasser, 1½ Salzwasser hinzu und so löst es sich auf.

Zweitens. Dann nimm eine gläserne Flasche, giesse vier Mass reines Brunnenwasser darein und den ganzen Satz in die Flasche, das aufgelöste Gold und Zinn.

Hierzu nimm:

2¼	Pfund	feinen Sand,
1	„	gut geläuterten Salpeter,
½	„	Borax,
2	Lot	Arsenik,
2	„	roten Weinstein.

Drittens. Schränke und rühre es wohl 1 bis 5 mal. Hiernach nimm einen reinen Topf, vorher ausgekocht und mit reinem Wasser getrocknet, danach thue alle Spezies hinein, setze es zu einem Kohlenfeuer und rühre es während des Kochens wohl durcheinander mit einer hölzernen Keule oder Löffel bis es nach und nach eingekocht ist, so nimm alles heraus, fein rein nimm das Pulver oder die Materie, nimm soviel guten Kristall, der nicht gefärbt gewesen, sondern vorher ausgeschränkt worden ist, so schwer, als die ganze Materie oder Pulver und menge das Glas wieder zu Pulver durcheinander in einem Tiegel, der vorher rein verglast ist. Wenns lauter ist und läuft zu schwarz an, nimmt man mehr von dem geschränkten Kristall und rührt es untereinander, bis die Kouleur gut ist. Das Anlaufen muss im Aschofen geschehen, mit fettem Kienholz und recht in acht genommen, dass es nicht schmelzt oder springt."

Probatum est.

Das Rezept ist völlig wertlos und wenn es, was übrigens sehr zweifelhaft ist, wirklich nach Kunckels Ueberlieferungen niedergeschrieben sein sollte, so möchte man versucht sein, eine absichtliche Täuschung in demselben zu sehen, was immerhin um so eher möglich sein könnte, als Kunckel in Bezug auf seine Fabrikationsgeheimnisse nicht gerade sehr mitteilsam war. So sagt er beispielsweise in seiner 1679 im Druck erschienenen „Ars Vitraria Experimentalis oder vollkommene Glasmacherkunst", gerade in Hinweis auf den Goldrubin: „Weil es mir aber gar viele Zeit, Müh und Arbeit gekostet, und eine sehr rare Sache ist, als wird mich niemand verdenken, dass ichs vor dissmahl nicht gemein mache." Wie dem aber auch sei, Kunckel erreichte eine hohe Stufe der Vollendung in der Fabrikation des Goldrubins, von welcher noch heute das herrliche Feuer der unter dem Namen „Kunckelgläser" bekannten uns erhaltenen Becher, Pokale, Flaschen, Schüsseln, Kannen u. s. w. beredtes Zeugnis ablegt. Einer dieser Pokale Kunckels hatte ein Gewicht von 12 kg*). Auch die Zechliner Hütte glänzte noch durch ihr Rubinglas und verkaufte nach den Mitteilungen Dr. Poccokes vom Jahre 1736 Trinkgläser für 100 bis 150 Pfund Sterling**).

---

*) Lobmeyr, a. a. O. p. 136.
**) Lobmeyr, a. a. O.

Beim Vermischen von verdünnten Gold- und Zinnlösungen, wie dies in dem Kunckelschen Rezepte beschrieben, entsteht ein gold- und zinnhaltiger roter Niederschlag, welcher den Namen Cassius scher Purpur erhalten hat, weil seine Bereitungsweise zuerst von dem Leydener Arzte Andreas Cassius 1685 veröffentlicht wurde. Wir werden auf dies Präparat zurückzukommen bei Besprechung der Schmelzfarben Gelegenheit haben und beschränken uns darauf hier anzuführen, dass man ganz allgemein den Purpur zur Erzeugung des Rubinglases für unentbehrlich hielt bis endlich Fuss, gleichfalls angeregt durch den bereits oben genannten Verein, fand*), dass man das Rubinglas auch ohne Anwendung des Cassiusschen Präparats erhalten könne.

Fuss stellte sich zunächst durch Zusammenschmelzen von

5	Teile	Quarzsand,
8	„	Mennige,
1	„	Salpeter,
1	„	Pottasche,

ein Kristallglas her und versetzte dann 160 Teile dieses nach dem Schmelzen ausgeschöpften, abgeschreckten und gepulverten Materials mit

30	Teilen	kristallisiertem Borax,
1	„	Zinnoxyd,
1	„	Antimonoxyd,
0,05	„	Gold in Auflösung.

Geschmolzen und erkaltet hat dieses Glas eine gelbliche, topasähnliche Farbe, welche jedoch bei abermaligem Erhitzen bis zur kaum sichtbaren Rotglut alsbald in ein prächtiges Rubinrot übergeht.

Die Eigenschaft, bei raschem Erkalten farblos oder wenig ins Gelbe ziehend zu erstarren, bei nachmaligem Anwärmen aber die rote Farbe zu entwickeln, ist allen Rubinen eigen. Kunckel und seine Nachfolger wussten auch hierüber sich keine Rechenschaft zu geben und auch später noch glaubte man allgemein, das Glas müsse bei dem Aufwärmen, dem „Anlaufenlassen", stark „geräuchert" werden, weshalb man sich zu dieser Arbeit eines sehr harzigen Kienholzes bediente, dessen qualmende Flamme das betreffende Arbeitsstück mit einer starken Russschicht bedeckte. Fuss ging auch hier bahnbrechend voran, indem er die Zwecklosigkeit des Anräucherns nachwies, zeigend, dass das Anlaufen ebensogut in der rauchfreien Glut des Arbeitslochs erfolgte; die Entwickelung der roten Farbe aber glaubte er auf eine nachträglich im Glase stattfindende Bildung von Cassiusschem Purpur zurückführen zu müssen.

In letzterer Beziehung brachten Kohn**) und Pohl***) insofern Licht in die Angelegenheit, indem sie den Goldrubin ohne Anwendung von Zinn darstellten und somit den Nachweis führten, dass das Gold allein, nicht das Cassiussche Präparat die Rotfärbung bewirke.

---

*) Dingler, 1836. 60. 284.
**) Dingler, 144. 289.
***) Dingler, 175. 384.

Kohns Rubinsatz war

100 kg Sand,
125 „ Mennige,
25 „ Pottasche,
16,6 „ Salpeter,
0,0115 „ Gold.

Das Gold sollte in Königswasser gelöst, die Lösung mit Wasser verdünnt, auf den Sand gegossen, mit diesem gehörig durchgearbeitet und schliesslich der letztere den übrigen Gemengebestandteilen zugefügt werden.

Pohl dagegen setzte irgend einem Satze für Weisshohlglas auf 100 kg Sand 0,0217 g Gold zu (auf 35 kg 2 Dukaten) und empfahl gleichzeitig das von den böhmischen Kompositionsbrennern angewendete Gemenge, dessen Zusammensetzung er zu

100 kg Sand,
190 „ Mennige,
6 „ Pottasche,
15 „ Salpeter,
0,6 „ Antimon.
180 „ Rubinglasbrocken,
0,021 „ Gold,

angab. Dieses Gemenge wurde in Krügen, später in Töpfen mit auflutiertem Deckel verschmolzen, welche zur Verhütung des Brechens in unglasierte, halb so hohe Näpfe derart eingesetzt waren, dass zwischen ihrer eigenen Wandung und derjenigen des Napfs 3 cm sandgefüllter Zwischenraum verblieben. Nach 6 bis 7 stündigem Auftempern des Ofens wurde volle Schmelzhitze gegeben und diese während weiterer 11 bis 12 Stunden unterhalten, worauf man den Ofen ausgehen und samt den Töpfen erkalten liess.

Mit der zuerst von Schubart aufgestellten Behauptung, dass die Färbung des Rubinglases auf einer Ausscheidung von metallischem Golde in feinverteiltem Zustande beruhe, korrespondierte Fischers Erkenntnis des gleichen Zustandes des Goldes im Cassiusschen Purpur, durch welche letztere wieder die Annahme, dass die Rubinfärbung durch metallisches Gold bewirkt werde, insofern neue Bestätigung fand, als nicht abzusehen war, aus welchem Grunde das mit dem Cassiusschen Purpur als Metall in das Gemenge eingeführte Gold während der Schmelze irgend eine Verbindung hätte eingehen sollen. Wie dann ferner früher schon Galfier-Besseyre und dessen Versuche bestätigend Schubart experimentell nachgewiesen hatte, dass das Gold dem Glase alle Regenbogenfarben zu erteilen vermöge, so zeigte später Krafft, dass durch Fällen einer wässerigen Goldchloridlösung mittels Oxalsäure, das metallisch ausgeschiedene Gold, je nach seiner grösseren oder geringeren Verteilung, in roter, violetter, blauer, grüner, brauner und gelber Farbe erhalten werden könne.

Musste auf Grund aller dieser Wahrnehmungen mit der Zeit die Ueberzeugung sich Bahn brechen, dass die Farbe des Goldrubins lediglich durch feinverteiltes Gold in metallischem Zustande bewirkt werde, so sollte dieselbe durch die neueren Untersuchungen Müllers und

Ebells ihre Bestätigung und die Thatsache selbst ihre Erklärung finden.

Die Genannten erkannten das Glas nicht nur als Lösungsmittel für Metalloxyde in reinem oder siliciertem Zustande, sondern auch für Metalle selbst. Verschiedene Metalle aber erfordern zu ihrer Lösung im Glase verschiedene Temperaturen; das Gold z. B. löst sich nur in höchster Weissglut in dem Glase auf, Kupfer und Blei bei guter Rotglut, während das Silber schon bei niederer Temperatur in das Glas übergeht. Ebenso ist auch das Löslichkeitsverhältnis der Metalle in dem Glase kein feststehendes, aber das Färbevermögen derselben ist ein ausserordentlich grosses. So erhielt Müller mit 1 Teil Gold auf 50000 Teile Glas noch guten Rubin, während 1 Teil Gold auf 100000 Teile Glas noch ein schönes Rosa gab, welches erst bei weiterer Verdünnung bis zu 1 Teil Gold auf 200000 Teile Glas verschwand. Dunkleres, bis zur völligen Undurchsichtigkeit sich steigerndes Rot liefert Kupfer, wohl aber weniger infolge grösserer Färbekraft desselben, als vielmehr wegen seiner leichteren Löslichkeit, vermöge deren grössere Mengen des Metalls in das Glas einzugehen vermögen. Endlich ist auch für die Löslichkeit der Metalle die Natur des Glases massgebend; sie steigt mit dem Bleigehalt desselben und ist in bleifreien Gläsern nicht gross genug zur Erzielung schöner Rubine.

Die in hoher Temperatur im Glase gelösten Metalle scheiden sich beim Erkalten des letzteren wieder aus; es geht jedoch dieser Ausscheidungsprozess in verschiedener Weise vor sich, jenachdem das Glas entweder sehr schnell erstarrt oder nur sehr allmählich, die verschiedenen Stadien der Erweichung durchlaufend, aus dem flüssigen Zustande in den festen übergeht. Ist dier Erstarrung eine plötzliche, d. h. werden die geschmolzenen Gläser durch Abschrecken in den festen Zustand übergeführt, so fehlt es den farblos im flüssigen Glase gelösten d. h. in demselben bis zur Unsichtbarkeit fein verteilten Metallmolekülen an Zeit sich auszuscheiden und das Glas erstarrt in diesem Falle farblos oder doch nur infolge anderweitiger Beimengungen leicht gelblich oder grünlich gefärbt. Je allmählicher aber die Erstarrung erfolgt, um so mehr finden die Metallmoleküle Gelegenheit in mehr oder weniger zarten Konkretionen oder Kristallisationen sich auszuscheiden.

Geht die Erstarrung nur um weniges langsamer vor sich als beim Abschrecken, so sind diese Ausscheidungen in einem so äusserst fein verteilten Zustande vorhanden, dass sie weder mit dem blossen Auge noch mittels der stärksten Vergrösserungen körperlich wahrgenommen werden können; das Glas erscheint daher nach wie vor durchsichtig. Nachweisbar aber ist das Vorhandensein dieser äusserst zarten Metallteilchen durch das Licht, welches sie in der dem feinstverteilten Golde eigenen Purpurfarbe dem Bewusstsein des Beschauers näher bringt und somit die ganze Glasmasse mehr oder weniger rot erscheinen lässt. Dieselben Ausscheidungen oder Verdichtungen des im abgeschreckten Glase selbst für das Licht nicht mehr auffindbaren Metalls erhält man, wenn man das farblos erstarrte Glas allmählich soweit erhitzt, dass jene Gruppierung der Metallmoleküle vor sich gehen kann; ja es wird praktisch leichter sein, auf diesem Wege den gewünschten Farbenton zu erhalten, da man das Anwärmen, sowie Dauer und die Temperatur

bis zu der es geschieht, ganz in der Hand hat, während eine entsprechend genaue Regulierung des Erstarrungsprozesses kaum oder gar nicht erreichbar ist. Auf dem hier in seinen Ursachen und Wirkungen gezeichneten Vorgange beruht somit das mehrerwähnte Anlaufenlassen des Rubinglases. Unter denselben Verhältnissen liefert das Silber gelbe und das Blei schwarze Anlauffarben.

Geht die Erstarrung langsamer von statten oder wird anderseits das Anlaufenlassen weiter getrieben, so treten die Metallmoleküle zu kristallinischen Konkretionen zusammen; der Goldrubin wird zu einem leberigen, braunen Glase, welches im durchfallenden Lichte blau erscheint, ähnlich einer Flüssigkeit, in welcher das aus seiner Lösung ausgefällte Gold suspendiert ist. Wird das Zusammentreten der Metallteilchen durch entsprechende Leitung des Erstarrungs- oder Anlaufprozesses noch mehr begünstigt, so erscheint das Goldglas hellgelblich und zeigt unter dem Mikroskop das Gold in Gestalt feiner, glänzender Flitterchen.

Etwas anders als hier angegeben gestalten sich die Anlauferscheinungen beim Kupferrubin, hauptsächlich wohl infolge der grösseren Löslichkeit des Kupfers im Glase. Im ersten Stadium bildet sich auch hier das schöne tiefrote, durchsichtige Rubinglas, im zweiten aber geht dasselbe in eine opake, hochrote Masse über, etwa von dem Aussehen eines feinen roten Siegellacks. Die Undurchsichtigkeit und die rote Farbe ist eine Folge zahlreich ausgeschiedener feiner Kupferteilchen; bei 200maliger Vergrösserung löst das siegelrote, opake Glas in eine grünliche durchsichtige Grundmasse sich auf, in welcher glänzende Kristalle metallischen Kupfers verteilt sind. Im dritten Stadium endlich liefert der Anlaufprozess bei genügendem Kupfergehalt des Glases eine braune, in dünnen Schichten gelbe, von zahlreichen metallglänzenden Flittern durchsetzte Masse, welche die mit dem blossen Auge sehr wohl unterscheidbaren Ausscheidungen unter dem Mikroskope als wohlausgebildete zarte Kristalle zu erkennen gibt, in diesem Zustande das Aventuringlas der Venezianer repräsentierend, während das vorerwähnte opake, siegelrote Glas dem Hämatinon der Alten entspricht.

Das Aventuringlas, eine Nachahmung des gleichnamigen Minerals, wurde zur Blütezeit der venezianischen Glashütten vielfach zu Schmucksachen verarbeitet. Später ging diese Kunst verloren und es sind deshalb die Aventurinarbeiten selten geworden. Man war daher schon früher darauf bedacht gewesen, jenes Material nachzuahmen und werden wir auf diese Versuche bei Besprechung der Fabrikation künstlicher Edelsteine näher zurückkommen.

Nicht so einfach wie die Erschmelzung des Goldrubins ist die des Kupferrubins, weil das Kupfer in der Schmelzhitze leicht in Oxyd übergeht und als solches das Glas grün färbt, das Glas geht durch, wie man sagt. Engelhardt, der, wie oben gemeldet, im Jahre 1826 den verloren gegangenen Kupferrubin wieder fand, erkannte, dass wenn ältere Vorschriften rohen Weinstein, Russ und andere desoxydierende Körper gleichzeitig mit dem Kupferoxydul in Anwendung brachten, dies bloss geschehe, um dadurch eine höhere Oxydierung der Kupferverbindung zu verhüten. Er schlug zu demselben Zwecke auch das Eisenoxydul (Hammerschlag) vor, besonders in dem Falle, in welchem eine mehr gelbrote Nüance des Glases verlangt werde. Als bestes Zusatz-

mittel aber erkannte er das Zinn oder vielmehr das Zinnoxydul und Zinnoxyd hatte er auch in allen Gläsern, welche er untersuchte, meist in das Kupfer übewiegender Menge gefunden.

Mit der Darstellung eines dem antiken Hämatinon ähnlichen Glases beschäftigte sich später Pettenkofer.

Derselbe gab zwei Vorschriften zur Darstellung dieses Glasflusses, nämlich:

a) 100 Kieselsäure,
11 Kalk,
1 Magnesia,
33 Bleiglätte,
50 Soda,

welche er zunächst zu einem farblosen Glase schmolz, dem er alsdann 25 Teile Kupferhammerschlag, etwas später 2 Teile Eisenhammerschlag und zuletzt etwas Kohle beifügte. Das nach dem Erstarren leberfarbene Produkt wurde sodann mehrere Stunden lang einer der beginnenden Erweichung entsprechenden Hitze ausgesetzt und es entwickelte sich nun die gewünschte hochrote Farbe und opake Beschaffenheit.

Um ein leichtflüssiges Glas zu erhalten, wiederholte sodann Pettenkofer seine Versuche mit einem etwas abgeänderten Satze folgender Zusammensetzung:

b) 100 Kieselsäure,
10 Kalk,
0,5 Magnesia,
40 Bleiglätte,
60 Soda,
30 Kupferhammerschlag,
2 Thonerde,
3 Eisenhammerschlag,

und er erhielt nun einen ausgezeichnet zinnoberroten Hämatinon, den Ebell nach einer eingehenden mikroskopischen Untersuchung eines Probestücks folgendermassen beschreibt.*)

Das Stück, ungefähr 12 bis 15 ccm gross, ist für das blosse Auge vollkommen homogen ohne Adern, Wolken u. dergl., dicht und geschlossen opak. Der Bruch ist muschelig, nicht matt von mässigem Glanz. Auch sehr flache Splitter sind opak und hochrot, wie das Ganze, nur an den äussersten Kanten etwas durchscheinend. Schon bei mässiger Vergrösserung im durchfallenden Lichte lösen sich dünne flache Splitter in eine anscheinend farblose Grundmasse und zahllose sehr gleich verteilte, schwarze nicht allzufeine Punkte auf. Bei stärkster Vergrösserung (800fach) und derselben Beleuchtung treten die Punkte in sehr dünnen, günstig gestalteten Splittern stark auseinander, liegen durch ziemlich weite Zwischenräume der farblosen Grundmasse getrennt, sind zählbar, besitzen eine bestimmte, deutlich erkennbare eckige Figur und sind rücksichtlich ihrer Dimensionen wenig voneinander verschieden. Im auffallenden Lampenlicht unter dem Mikroskop gleichen die Splitter

---

*) Dingler 213. 212.

einem hochrot glühenden Körper, die rote Farbe über das Gelb vorherrschend. Schon bei 80facher, besser bei 150facher Vergrösserung scheidet sich das Rotgelbe als getrennte, nicht sehr feine Punkte in einer dunkeln Grundmasse. Eine Minderzahl der Punkte erscheint als gelbe glänzende Flimmer, die Mehrzahl als matte rote Körner — eins und das andere offenbar je nach der zum Reflektieren des Lichts mehr oder weniger günstigen Lage der Flächen. Die Ausscheidungen im Hämatinon sind also deutliche Kristalle eines undurchsichtigen hellroten Körpers.

Auch aus zwei ähnlichen, boraxhaltigen Gemengen erhielt Pettenkofer ähnliche Massen mit den schönsten Kristallisationen.

a)	*b)*	
80 g	80 g	Kieselsäure,
120 „	110 „	Bleioxyd,
72 „	72 „	Soda,
24 „	26 „	Kupferhammerschlag,
18 „	18 „	Borax,
1 „	2 „	Eisenhammerschlag,
— „	5 „	Kalk.

In der leichtflüssigeren Masse *a)* waren die Kristalle grösser, als in der schwerer flüssigen *b)*. Nach dem Schleifen und Polieren traten die Kristallisationen in vorzüglicher Schönheit hervor. Das Ansehen, namentlich von *a)* war tief dunkelrot, fast schwarz, und nur bei auffallendem Sonnenlichte trat die rote Farbe deutlich hervor, doch auch hier nur auf gewissen Stellen der aus zahlreichen, nebeneinander gereihten Kristallen bestehenden Flächen, während andere mit bläulichem Lichte schimmerten. Die Kristalle zeigten somit jene Art von Dichroismus, welchen man auch bei manchen andern Kristallen im auffallenden Lichte bemerkt. Der bläuliche dichroitische Schimmer auf tief dunklem Grunde war mit dem Schimmer der Sterne auf dem nächtlichen Himmelsgrunde zu vergleichen, weshalb Pettenkofer dieser Masse den Namen Astralit gegeben hat. Das Aussehen dieser Astralite erinnerte vielfach an das venezianische Aventuringlas.

Aus dem Hämatinon erhielt Pettenkofer unmittelbar Aventurin, indem er der schmelzenden Masse soviel Eisenfeile zumischte, dass etwa die Hälfte des darin vorhandenen Kupferoxyds zu Kupfer reduziert wurde, welches sich dann nach längerem Schmelzen im Grunde des Hafens zu einem Regulus ansammelte. Im frisch geschmolzenen Zustandewar solches Glas tief grün schwarz, kaum durchsichtig; erhielt man es aber längere Zeit im Zustande der Weichheit und liess es dann langsam erkalten, so erhielt man wirkliches Aventuringlas. Wir werden später bei Besprechung der künstlichen Edelsteine Gelegenheit haben, hierauf zurückzukommen.

Wenn auch nach Ebell ein Gehalt von 0,2 Prozent des Gemenges an Kupfer mit Rücksicht auf dessen stark tingierende Kraft zur Erzeugung des Rubinglases als genügend angesehen werden muss, so fand sich doch, dass ein Zusatz von mindestens 1 Prozent bei gleichzeitiger

*) Glasfabrikation, p. 330.

Zugabe von 1,5 Prozent Hammerschlag oder 2 Prozent metallischen Zinns (am besten in Gestalt von Zinnfolie) zur Erreichung gleichmässiger Resultate erforderlich sei. Hierzu bemerkt jedoch Benrath, dass in heissgehenden Glasöfen Zinn kein gutes Reduktionsmittel abgebe, da es in der dünnflüssigen Glasmasse ohne viel gewirkt zu haben, zu Boden gehe.

Direkt unter Zusatz von metallischem Kupferpulver lässt sich nach Ebell auch Rubin erhalten, aber erst nach längerer Schmelzdauer bei hoher Temperatur und mit nicht immer befriedigendem Erfolge. Bedenkt man, in wie unendlich feinerer Verteilung das aus gelöstem Oxyd reduzierte Kupfer sich in der Schmelze befindet, so darf es nicht auffallen, wenn dasselbe leichter vom Glase aufgenommen wird, als das selbst in pulverförmiger Gestalt zugesetzte metallische Kupfer. Unter allen Umständen aber weisen Ebells Laboratoriumversuche sowohl, wie Bontemps veröffentlichte Erfahrungen aus der Hüttenpraxis darauf hin, dass ein anhaltendes Durchschmelzen des Gemenges zur Erzielung eines mustergültigen Rubinglases unerlässlich sei.

Was nun die vielfach veröffentlichten Sätze für die Rubingläser anlangt, so fehlt es natürlich auch hier nicht an sich widersprechenden, oft genug widersinnigen Angaben. Selbst Engelhardts Gemengevorschriften lassen in Bezug auf den sehr verschiedenen Kupferzusatz noch grosse Unsicherheit erkennen. Für Bleikristall, der wie beim Goldrubin auch des Kupferrubins Farbe schöner erscheinen lässt, obgleich er beim letzteren, wie Ebell gezeigt hat, nicht wie bei jenem unersetzlich ist, gibt Engelhardt folgende Verhältnisse:

41)

150 kg Kristallgemenge,
4 „ Kupferoxydul,
4 „ Zinnoxydul,

und für bleifreies Glas nimmt er auf je

42)

60 kg Sand des Gemenges
3 „ Kupferoxydul,
3 „ Zinnoxydul,

bemerkt dabei aber, dass man eine weit geringere Quantität Kupfer nehmen müsse, wenn man dasselbe erst nach dem Läutern der Schmelze zusetzt. Für scharlach- und feuerrotes Glas endlich schreibt er

43)

750 kg weissen Glassatz,
10 „ Zinnoxydul,
1,5 „ feingeriebenes Eisenoxydul,
1,5 „ Kupferoxydul,

vor. Zinn und Eisen werden dem Gemenge beigegeben, das Kupfer aber erst nach dem Läutern zugesetzt und gut eingerührt.

---

*) Dingler, 213. 135.

Andere Angaben sind:

44) Bleihaltiges Ueberfangglas*).

a) 100 kg	*b)* 100 kg Sand,
66 „	200 „ Mennige,
7 „	6 „ Kupferasche,
7 „	6 „ Zinnasche.

45) Bleifreies Ueberfangglas.

100 kg Sand,
75 „ Soda,
20 „ Kalk,
10 „ Eisen- und Kupferoxyd (erhalten durch Glühen gleicher Teile Kupferhammerschlag und Eisenvitriol),
10 „ Zinnoxyd,

100 Teilen des geschmolzenen, abgeschreckten und gestossenen Glases setzt man

80 kg Sand,
30 „ Soda,
14 „ Kalk,

zu, schmilzt, schreckt, pulvert aufs neue und schmilzt endlich nochmals 100 Teile mit 35 Teilen Sand**).

46) Blutrotes Ueberfangglas.

50 kg eines Glaubersalzsatzes,
50 „ gemahlenes weisses Glas von derselben Zusammensetzung,
6 „ Zinnoxydul mit dem gemahlenen Glase gemengt.

Nachdem man den Satz gut geschmolzen hat, gibt man das gemahlene Glas hinzu, setzt man das Schmelzen fort, giesst in Wasser aus und mahlt. Dieses weisse Glas dient den blut- und scharlachroten Gläsern als Basis.

Zur Darstellung des ersteren mengt man

50 kg des obigen weissen Glases mit
½ „ Kupferoxydul, und setzt dieses Gemenge zu
100 „ einer Glaubersalzkomposition, nachdem man die Glasgalle abgenommen hat.

Man kann auch:

100 kg weisse Glasbrocken,
50 „ weisses zinnoxydulhaltiges Glas und
½ „ Kupferoxydul zusammenschmelzen.

---

*) Nach Steins Glasfabrikation, p. 57. Man beachte die Zusammensetzung dieses Glases sowie die Verwendung der Zinnasche oder des Zinnoxyds, welche als das höchste Oxydationsprodukt des Zinns eine Reduktion des Kupfers nicht bewirken kann.

**) Auch diese von Bontemps herrührende, von Henrivaux a. a. O. p. 431, kritiklos als zufriedenstellende Resultate liefernde mitgeteilte Vorschrift, enthält, wie die vorigen, das Zinn als Oxyd.

47) Scharlachrotes Ueberfangglas

erhält man, wenn man vorstehendem Satze noch $^1/_2$ kg Eisenoxydul zufügt; vermehrt man die Menge des Eisens in Beziehung auf das Kupferoxydul, so erhält man Orangerot von schönem Glanze.

48) Purpurrotes Ueberfangglas

wird erhalten, wenn man dem vorhergehenden Satze 1 kg Schmalte F zugibt.

49) Massives rotes Glas.

Die Sätze 46 bis 48 können zum Ueberfangen nur in einer sehr dünnen Schicht angewendet werden; man erhält aber dieselben Nüancen in massivem Glase, wenn man diesen Gemengen je nach der Stärke, welche die zu blasenden Gegenstände bekommen sollen, 200 bis 500 kg weisse Glasbrocken zusetzt und schmilzt.

Wenn aus irgend welcher Ursache*) bei der Ausarbeitung die rote Färbung verschwunden sein sollte, so muss man doch das Ueberfangblasen fortsetzen, denn beim Strecken kommt die rote Farbe wieder zum Vorschein: zu dem Ende behandelt man die Cylinder so, als sollten sie zum Strecklager zubereitet werden, bestäubt sie jedoch nach dem Räuchern statt mit Kreide mit Kienruss, den man durch Drehung des Cylinders um seine Achse auf dessen innern Wänden verteilt. So vorbereitet schiebt man den Cylinder in den Streckofen und macht, wenn er weich geworden ist und das Blatt sich auf den Streckstein gelegt hat, solange Rauch in dem Ofen, bis die rote Färbung zum Vorschein kommt; man wendet dies Verfahren hauptsächlich da an, wo man sich auf die Geschicklichkeit des Bläsers nicht verlassen kann.

Um ein recht homogenes Glas zu erhalten und die Oxydule gegen eine höhere Oxydation zu schützen, thut man wohl, dasselbe etwa eine Stunde vor dem Ende des Läuterns zu blasen.

50) Rote massive und Ueberfanggläser.

a)			*b)*		
100	kg	Sand,	100	kg	Sand,
28	„	kohlensaures Natron,	40	„	Pottasche,
24	„	zerfallener Kalk,	18	„	zerfallener Kalk,
8	„	Mennige,	4	„	Mennige,
100	„	Glasbrocken,	100	„	Glasbrocken,
4	„	Kupfervitriol,	4	„	Kupfervitriol,
5	„	Eisenvitriol,	4	„	Eisenvitriol,
5	„	Zinnoxydul.	5	„	Zinnoxydul.

Der Kupfer- und Eisenvitriol werden jeder für sich in Wasser gelöst, die Auflösungen auf den Sand einer der beiden Kompositionen gegossen; nach dem Trocknen werden die Ingredienzien miteinander gemengt und in der gewöhnlichen Weise verschmolzen, auch das Blasen mittels einer Kartoffel nicht unterlassen. Man kann auch die Auflösungen

*) Durch nachträgliche Oxydation des Kupfers zu Oxyd, wobei dann ein lichtgrünes Glas resultiert.

von 2 kg Kupfer- und 4½ kg Eisenvitriol auf 100 kg gemahlenes weisses Glas giessen und noch 2½ kg Zinnoxydul zusetzen.

Wenn nun die Komposition gegen das Ende des Läuterns rotes Glas liefert, so ist die Farbe in der Regel zu dunkel, um zu massivem Glase angewendet werden zu können; man setzt daher in einem solchen Falle noch 100 kg gemahlenes weisses Glas zu.

51) Massives rotes Glas zu Fensterscheiben.

30 kg gemahlenes weisses Kaliglas mit 2 Proz. Mennige,
33⅓ g fein geriebenes Blattgold; statt des zerriebenen Goldes kann man auch eine Auflösung von 50 g Gold in Königswasser anwenden und diese mit dem gemahlenen Glase mengen.

52) Rubinglas zu Kristall.

100 kg weisser Sand,
1/10 „ Gold in Königswasser gelöst, zur Verjagung der freien Säure abgedampft, wieder mit ½ kg Regenwasser verdünnt und dann mit dem Sande gemengt und getrocknet,
85 „ Mennige,
25 „ Pottasche,
16 „ Salpeter.

53) Rubinrotes Ueberfangglas.

Man mengt die erst konzentrierte und dann wieder mit Wasser verdünnte Auflösung von 33⅓ g Dukatengold auf 5 kg gemahlenes weisses Glas, welches eine kleine Menge Mennige enthält, und schmilzt.

F. Milch-, Bein- und Alabasterglas.

Getrübte, mehr oder weniger durchscheinende bis undurchsichtige, opalisierende Gläser, welche unter den Namen Milch-, Bein-, Alabaster- und Reisglas und zu Schirmen und Glocken für Lampen, zu Vasen, Flakons u. dergl. m. verarbeitet in den Handel kommen, können entweder aus gewöhnlichem Glase durch einen Entglasungsprozess entstehen oder sie werden durch Einführen von Knochenasche oder Zinnoxyd in das Gemenge, in neuerer Zeit auch unter Anwendung thonerde- und fluorreicher Verbindungen erzeugt.

Ueber die Bemühungen Reaumurs und anderer, auf dem Wege der Entglasung aus dem Glase ein undurchsichtiges, porzellanähnliches Produkt zu gewinnen, ist bereits an einem früheren Orte berichtet worden. Auf ähnlichen Entglasungserscheinungen beruhen wohl die später von Böhmen aus zuerst in den Handel gebrachten Alabastergläser, obgleich dieselben nach Schubart zahlreichen unendlich feinen, eingeschlossenen Luftbläschen ihre Trübung verdanken sollen. Schubart berichtet nämlich *), dass behufs Darstellung solcher Gläser zunächst Kristallglas auf gewöhnliche Weise erschmolzen und dann in Wasser

*) Dingler, 138. 319.

abgeschreckt werde. Die durch das Abschrecken völlig durchklüftete Masse bringe man sodann in einen zweiten, dasselbe Glas enthaltenden Hafen und verarbeite beides bei möglichst niedriger Temperatur. Da die Trübung nicht erst während des Erkaltens eintrete, so rühre sie jedenfalls von zahllosen Luftbläschen her, welche, in den Spalten des abgeschreckten Glases eingeschlossen, bei der Zähflüssigkeit der Masse nicht entweichen könnten, während sie ebenso verschwänden, wenn das Glas in hoher Temperatur dünnflüssig werde, gerade wie die Gasblasen während der Läuterung des gewöhnlichen Glases. Indessen weist Benrath*) mit Rücksicht auf die eigentümliche Zusammensetzung dieser Gläser wohl nicht mit Unrecht darauf hin, dass die jedenfalls sehr zum Entglasen hinneigende Schmelze durch das Einlegen des Schreckglases, d. h. eines festen Körpers, zur kristallinischen Ausscheidung von Trisilikaten der Alkalien disponiert werde und dass daher in den Alabastergläsern in der That entglaste und nicht etwa mangelhaft geläuterte Gläser zu erkennen seien.

Analysen solcher Gläser, welche von Peligot, Stein und Stolba mitgeteilt wurden, bestätigen diese Ansicht vollkommen. Es besteht nämlich das Alabasterglas aus

	I (Peligot)	II (Stein)	III (Stolba)
Kieselsäure	80,90	79,51	82,30
Natron . .	—	—	5,60
Kali . .	17,60	16,87	5,66
Kalk . .	0,70	2,79	3,30
Bleioxyd**)	—	1,00	—
Thonerde .	0,80	—	3,20

Sollen Alabastergläser gefärbt werden, so hat man die durch die Trübungen veränderten Töne wohl zu berücksichtigen. Ein Zusatz von Kupferoxyd z. B., welcher ein gewöhnliches Glas dunkel Blaugrün färben würde, erzeugt im Alabasterglase ein helleres Türkisblau.

Durch das Eintragen zerstossenen Glases in die gleiche Menge geschmolzenen, schnelles Niederschmelzen und rasches Ausarbeiten soll sich übrigens ein dem früher besprochenen Eisglase ähnliches Produkt erzielen lassen.

Die stärkeren Trübungen der Bein- und Milchgläser erhält man durch Zusatz von Zinnoxyd oder phosphorsaurem Kalk in Gestalt von gebrannten Knochen oder Guano. Mit dem phosphorsauren Kalke schmelzen die Gläser zu vollkommen homogenen, durchsichtigen Massen, welche aber beim Erkalten, namentlich aber bei mehrmaligem Anwärmen die milchweisse Trübung erhalten.

Ueber den hierbei stattfindenden Vorgang war man noch vor nicht langer Zeit wenig unterrichtet und zweifelte geradezu daran, dass das phosphorsaure Kalksalz sich etwa in dem schmelzenden Glase löse,

---

*) a. a. O. p. 275.

**) Nach Muspratt III. 192, der die Stein sche Analyse Dingler 152. 75 entnommen. Benrath hat hier nach Wagners Jahresbericht 1. 151 statt des Bleioxyds Phosphorsäure, deren geringe Menge aber für die Trübung unwesentlich sein dürfte.

um beim Erkalten wieder unverändert aus demselben sich abzuscheiden*) und selbst Benrath**) hielt diese nur für das Zinnoxyd in Hinsicht auf die von Wunder***) an der Lötrohrperle beobachteten analogen Erscheinungen allenfalls für wahrscheinlich. Die Untersuchungen Ebells aber lassen wohl nicht mehr daran zweifeln, dass das Zinnoxyd sowohl, wie der phospsorsaure Kalk und der gleich zu erwähnende Kryolith, in der feurigflüssigen Glasmasse ähnlich wie die Metalle, ihre Oxyde, ihre kieselsauren Salze u. s. w. sich auflösen und, infolge ihrer geringen Löslichkeit beim Erkalten sich wieder abscheidend, die das Charakteristische des Emails ausmachenden Erscheinungen liefern.

Darstellbar sind die Milchgläser sowohl als Alkalikalk- wie als Bleigläser; letztere werden für bessere Sachen nicht allein des schöneren Aussehens wegen vorgezogen, sondern auch wegen ihrer grösseren Leichtschmelzigkeit, da ein grösserer Zusatz der trübenden Substanzen das Glas ohnehin schwer schmelzbar macht. Jedenfalls muss man bei den Alkalikalk-Gläsern den Kalkgehalt des Zuschlags mit in Rechnung ziehen und sogar darüber hinaus noch an Kalk im Gemenge abziehen. Ueber die Mengen der zu verwendenden Trübungsmittel sind die Angaben sehr verschieden; verschieden sind aber auch jene selbstverständlich je nach der beabsichtigten Wirkung.

Sätze für getrübte Gläser sind:

54) Böhmisches Milchglas zu Tafelgläsern.

200 kg weisser Sand,
88 „ Pottasche,
72 „ weissgebrannte Knochen,
4 „ zerfallener Kalk,
100 „ gemahlenes Glas,
11 „ Kochsalz,
$1\frac{1}{3}$ „ weisser Arsenik.

In diesem Satze vertritt die Knochenasche die Stelle des Kalks; sobald die Masse gut geschmolzen ist, schreckt man sie mit kaltem Wasser ab; nach dem Mahlen schmilzt man sie bei nicht zu hoher Temperatur noch einmal; einer starken Hitze ausgesetzt, wird das zuerst nur durchscheinende Glas durchsichtig. Die Pottasche lässt sich durch 66 kg gereinigte Soda ersetzen. Das „Reisteig" genannte Milchglas nimmt immer die Farbe des ihm zugesetzten Farbstoffs an.

55) Ein anderes Opalglas.

200 kg weisser Sand,
132 „ Pottasche,
120 „ gemahlenes weisses Glas,
16 „ zerfallener Kalk,
8 „ Knochenasche,
6 „ Arsenik,
1 „ Chlorsilber (?).

---

*) Muspratt III. 360.
**) Benrath a. a. O. 276.
***) Journ. f. prakt. Chemie (II. Folge) 1. 452, 2. 306, 4. 339.

Das Glas wird nach dem Schmelzen geschreckt, wieder eingeschmolzen, nochmals geschreckt und bei nicht zu hoher Hitze ausgearbeitet.

56) Milchglas zu Trinkgläsern u. s. w.

200 kg weisser Sand,
76 „ gereinigte Pottasche,
26 „ zerfallener Kalk,
2 „ Salpeter,
3 „ Kochsalz,
$^1/_2$ „ weisser Arsenik,
2 „ Zinnoxyd.

Nach dem Schmelzen wird das Glas in Wasser abgeschreckt, gemahlen, umgeschmolzen und sofort verarbeitet.

57) Milchglas mit Guano nach Schür.

100 kg Sand,
40 „ Pottasche (90 Prozent),
5,5 „ Soda,
4,4 „ Kochsalz,
3,3 „ Salpeter,
11 „ Mennige,
33,3 „ kalcinierter Bakerguano,
0,28 „ Braunstein,
1,70 „ Borax.

Das Gemenge wird in bedeckten Häfen in 10 bis 12 Stunden eingeschmolzen, vor beendeter Läuterung mit der Kartoffel geblasen und wie gewöhnliches Hohlglas ausgearbeitet.

58) Farbiges Milchglas.

Das auch für weisses Milchglas sehr geeignete Gemenge wird zusammengesetzt aus

		oder		
100 kg	reinstem Sand,		100 kg	reinstem Sand,
20 „	90 proz. Pottasche,		15 „	sulfatfreie Soda,
25 „	85 proz. Guano,		30 „	gebrannte Knochen,
4 „	Kalisalpeter,		4 „	Kalisalpeter,
1,5 „	Mennige,		1,5 „	Mennige,
110 „	Brocken.		110 „	Brocken.

Diese Gemenge werden in gedeckten Häfen verschmolzen und denselben als färbende Zusätze*) beigegeben für:

Rosa (Aurora).

4 Dukaten in verdünnter Chloridlösung,
1,5 kg Arsenik,
0,4 „ Zinnsalz in wässeriger Lösung.

Strohgelb *(Jaune de peille).*

2 kg lichtgelbes Uranoxyd-Natron,
6 „ bestes Antimonoxyd.

*) Vergl. Jakobsen, Chem.-techn. Repert. 1879. I. 120.

Himmelblau *(Celeste)*.

1,1 kg chemisch reines Kupferoxyd unter gleichzeitigem Ersatz von 3 kg Pottasche des Gemenges durch 4 kg Kalisalpeter.

Seladongrün.

1 kg Kupferoxyd,
0,9 „ Uranoxyd-Natron.

Moosgrün.

1,7 kg chromsaures Kali,
5 „ Antimonoxyd.

Saftgrün (Irisgrün).

1 kg Kupferoxyd, gewöhnliches,
0,3 „ chromsaures Kali,
0,15 „ Eisenoxyd.

Braun in verschiedenen Nüancen.

Braunstein und Eisenoxyd oder
Uranoxyd-Natron und kupferfreies Nickeloxyd in wechselnden Mengen.

Grau (Neutralfarbe).

Kupferoxyd, Eisenoxyd, Braunstein oder
Uranoxyd-Natron und kobalthaltiges Nickeloxyd in wechselnden Mengen.

Durch Mischung dieser Sätze lassen sich die verschiedensten Nüancierungen erzielen.

Kryolith ist zuerst in Amerika zu Milchglaskompositionen verwendet worden und zwar von der „Hot Cast Porcelain Company" in Philadelphia, welche zwei Qualitäten sehr schönes Milchglas von reinem Kryolith und eine einfarbige oder marmorierte nicht durchsichtige Glassorte erzeugte, zu welcher letzteren sie unreinen Kryolith verwendete, dessen Beimengungen von fremden Mineralien jene Farben bedingten. Das weisse Milchglas wurde nach einer Mitteilung von Hagemann und Jörgensen*) aus einem Gemenge von

Quarzsand 10,
Kryolith 4,
Zinkweiss 9

erschmolzen und zwar in gewöhnlichen Häfen, welche durch dasselbe nicht sehr angegriffen wurden. Die starke Entwickelung von Fluorsilicium dauerte während der ganzen Schmelzzeit fort und selbst die aus den Häfen herausgenommenen Masse war eine Zeitlang in einen weissen Nebel eingehüllt, ohne dass die Arbeiter dadurch sehr belästigt worden wären.

Das auf diese Weise erhaltene Glas besass einen eigentümlich schönen Glanz, grosse Härte und wurde selbst in Pulverform von Säuren nicht angegriffen. Ueber die Zusammensetzung dieses Glases und die

*) Dingler, 213. 221.

Wirkungsweise des Fluors selbst begegnen wir indessen verschiedenen Ansichten. Benrath*) fand dasselbe zusammengesetzt aus

Kieselsäure .	67,07
Thonerde . .	10,99
Eisenoxyd . .	1,02
Manganoxydul	1,09
Kalk . . .	Spur
Natron . .	19,83
	100,00

so dass also sämtliches Fluor des Gemenges während des Schmelzens als Fluorsilicium sich verflüchtigt hätte, das Glas selbst lediglich als eine Lösung von kieselsaurer Thonerde in einem Natronsilikat und als Ursache des Opakwerdens die Ausscheidung von überschüssig gelöster kieselsaurer Thonerde angesehen werden müsste.

Ein im kleinen angestellter Versuch bestätigte dies insofern, als ein Gemenge aus 1 Teil Kryolith und 1 Teil Sand zu einem vollkommen geläuterten Glase schmolz und beim Abkühlen die der Tiegelwand zunächst gelegenen, schnell erkalteten Partien durchsichtig blieben, während im Boden des Tiegels gleichzeitig mit dem Gestehen der Masse, von mehreren Punkten aus zunächst flammenförmig ausstrahlend, ein Milchweisswerden ausging, und endlich die ganze Schicht in Milchglas übergegangen war. Die Analyse dieser Schmelzprobe, welche im Aeussern dem amerikanischen Muster sehr ähnlich war, ergab

Kieselsäure	70,01
Thonerde .	10,78
Natron .	19,21
	100,00

bestätigte also einerseits die gänzliche Verflüchtigung des Fluors und liess das amerikanische Glas als gleichfalls aus 2 Teilen Sand und 1 Teil Kryolith erschmolzen erscheinen.

Dahingegen fand Williams solches hot-cast porcelain zusammengesetzt aus

Kieselsäure .	63,84
Thonerde . .	7,86
Eisenoxyd .	1,50
Manganoxydul	1,12
Zinkoxyd . .	6,99
Kalk . . .	1,86
Magnesia . .	0,25
Natron . .	10,51
Fluor . . .	8,05
	101,98
und abzüglich des dem Fluorgehalt entsprechenden Sauerstoffs im Natron und der Thonerde mit	3,39
	98,59,

*) Dingler, 192. 239. Glasfabrikation, 278.

berechnet hieraus das Gemenge zu

Kieselsäure	67,19
Kryolith .	23,84
Zinkoxyd .	8,97
	100,00

und erklärt den Vorgang bei der Bildung des Kryolithglases so, dass gewisse Anteile des Fluor- und Natriumgehalts des Kryoliths zu Kieselfluornatrium zusammentreten, während der Rest des Fluors, mit Silicium verbunden, entweicht gleichzeitig, aber die übrige Kieselsäure mit dem Zinkoxyde, dem Natron und der Thonerde zu einem Gemisch von Silikaten sich vereinigt, welches in seiner Zusammensetzung einem Glase entspricht, dessen Kalkgehalt durch Zinkoxyd ersetzt ist.

Durch die ganze Masse dieses Glases verteile sich nun das Kieselfluornatrium, welches, wenn auch in verschiedenem Grade, so doch in ähnlicher Weise wie der sonst zur Erzeugung des Milchglases dienende phosphorsaure Kalk wirke. Denn die Alkalifluoride schmelzen, wie Berzelius nachgewiesen, in Gegenwart von Kieselsäure bei Hellrotglut ohne Bildung von Fluorsilicium und verwandeln sich beim Abkühlen in porzellanähnliche Massen in derselben Weise, wie dies bei der Knochenasche der Fall.

Williams fügt noch hinzu, dass abgesehen von dem schönen weissen Glase, welches in dieser Weise erzeugt werde, dem Fabrikanten in dem Kryolith eine verhältnismässig billige Quelle für die Soda sich biete.

Im Anschlusse an Williams Arbeiten zeigten auch Hagemann und Jörgensen*), dass das hot-cast porcelain aus

Kieselsäure	63,40
Zinkoxyd	6,50
Thonerde	3,67
Natron	5,85
Eisen- und Manganoxyd	4,40
Kryolith	15,14
	98,96

bestehe und dass man ein diesem Material ganz ähnliches auch durch Zusammenschmelzen von

50 Sand,
9 Zinnoxyd,
50 Feldspat,
16 Flussspat

erzeugen könne, dass also die Fluorverbindungen es seien, welche dem hot-cast porcelain seine besonderen Eigenschaften erteilten, wohingegen freilich wieder Richters**) behauptete, dass Fluorkalcium statt des Kalkes in die Bouteillenglasgemenge eingeführt, die Durchsichtigkeit des erschmolzenen Produkts keineswegs beeinträchtige. Thatsache aller-

*) a. a. O

**) Dingler, 191. 301.

dings ist, dass auch Natronaluminat für sich allein sowohl zu Milchglas wie zu Halbporzellan verarbeitet wird und wird dasselbe nicht nur deshalb statt des Kryoliths empfohlen, weil es als Abfallprodukt der Kriolithsodafabrikation ganz abgesehen von seinem Sodagehalt billiger sich stellt als der Kryolith, dessen man 275 (?) Teile für 100 Teile des Präparats bedarf**), sondern auch, weil es nicht so zerstörend auf die Glashäfen wirkt, frei von Eisen ist und ausserdem jede Dekoration mit Schmelzfarben des aus ihm erschmolzenen Glases ermöglicht, während unzersetzte Fluorverbindungen im Kryolitglase dies unmöglich machen.

Dahingegen nimmt Williams für das stark fluorhaltige hot-cast porcelain dieselbe Eigenschaft in Anspruch, ohne von dem schädlichen Einflusse jenes Bestandteils etwas zu wissen; ja er behauptet sogar, dass jenes Produkt sich auch in seiner Masse wie jedes andere Glas durch Metalloxyde färben lasse, dass sogar der Effekt der Farbstoffe durch das schöne Weiss in bedeutendem Grad erhöht werde.

Das weisse und bunte Kryolithglas findet übrigens zu Gefässen für Droguisten, Parfümeurs, zu Lampenfüssen und Lampenschirmen, zu Tischaufsätzen und zu Fussbodentäfelungen ausgedehnte Anwendung.

Wenn man in einen Hafen mit Milchglas während des Kaltschürens, nachdem das Glas etwas abgekühlt ist, durchsichtiges oder undurchsichtiges farbiges Glas einbringt und alles gut untereinander rührt, so erhält man marmoriertes Glas. Das Umfüllen geschieht mittels eines Schöpflöffels und das Umrühren mit einem reinen Eisenstabe. Man darf das Glas nicht wieder zum Kochen bringen, im Gegenteil arbeitet man dasselbe bei einer niedern Temperatur aus, damit die verschiedenen Farben sich auf dem weissen Grunde scharf abheben. Der gute Geschmack darf allein den Fabrikanten bei der Wahl der Farben und der Menge des Glases leiten, welches zur Bildung der Adern und Streifen in den Hafen gebracht wird. Sein Streben muss darauf gerichtet sein, den natürlichen Marmor nachzuahmen, indem er das Rühreisen in allen Richtungen hin und her bewegt.

G. Schwarzes Glas.

Schwarze Gläser werden zu feinen Zwecken, Perlen, Schmelzen, Knöpfen u. s. w. aus Bleikristall, für gewöhnlichere Sachen, unter dem Namen Hyalith, aus Alkalikalkgläsern gewonnen. Was das Färbemittel anbelangt, so kommt es nur darauf an, aus den zur Verfügung stehenden Farben eine möglichst neutrale Mischung zu erzielen und dienen für die besseren Sorten Gemenge aus Eisen-, Mangan-, Kupfer-, Kobalt- und Nickeloxyden, während man sich bei den gewöhnlicheren Sorten darauf beschränkt, die Schmelze so mit dunkelfärbendem Material zu überladen, dass sie absolut lichtlos, also schwarz erscheint und zu diesem Zweck Hochofen- und Schweissofenschlacken, Eisenerze, Schwefelkiesabbrände, Laven, Basalte etc. verwendet.

Subtiler wird die Abstimmung, wenn es sich um ein lichtes Grau handelt, wie solches für Schutzbrillen statt der früher allgemein be-

*) Dingler, 236. 175, dies Verhältnis entspricht nicht der Formel des Kryoliths, nach welcher dasselbe sich etwa wie 143 : 100 stellt.

nutzten blauen Gläser jetzt mehr und mehr in Aufnahme kommt. Gewöhnlich dient auch hier ein Gemenge von Braunstein, Kupferoxyd und Eisenoxyd zur Erzeugung des neutralen Grau; es dürfte aber der Braunstein seiner Unbeständigkeit wegen sehr zweckmässig durch Nickeloxyd zu ersetzen sein.

Nachstehend einige Gemengevorschriften für solche Gläser:

59) Schwarzes Achatglas zu Trauerschmuck.

100 kg Sand,
36 „ Pottasche,
13 „ zerfallener Kalk,
10 „ Kupferoxyd,
10 „ Eisenoxyd,
10 „ Braunstein,
10 „ Safflor oder Kobaltoxyd.

Geschmolzen und geformt oder geblasen; man kann die Pottasche durch Soda ersetzen, und die Menge des Kalks auf 18 kg erhöhen.

60) Schwarzes Glas.

Man schmelze folgenden Satz:

100 kg Sand,
50 „ Pottasche oder 35 kg Soda.
10 „ zerfallener Kalk oder wenn man Soda anwendet, 18 kg,
70 „ gemahlenes Glas, und fügt nun hinzu:
5 „ Kobaltoxyd,
10 „ Braunstein,
5 „ Eisenoxydul (Eisenhammerschlag),
8 „ Kupferoxyd.

61) Schwarzes Glas zu Trauergegenständen.

100 kg Sand,
82 „ Mennige,
38 „ Pottache,
8 „ Salpeter,
8 „ Kobaltoxyd,
8 „ Braunstein,
12 „ Eisenoxydul,
12 „ Kupferoxyd,
} Mit 40 kg gemahlenem Glase gemengt.

62) Hyalithglas.

Dieses Glas gleicht dem schwarzen englischen Thongeschirr, oder auch, wenn es poliert ist, dem Wedgwood-Porzellan; durch den Schliff kann man ihm eine sehr schöne Politur erteilen. Das Hyalithglas dient statt Marmor zur Anfertigung von Kaffee- und Theegeschirren, Vasen, Flakons, Leuchtern, zu Tisch- und Möbelplatten. Man erhält dasselbe, indem man

20 kg Silberschlacken,
10 „ Hohofenschlacken (Holzkohlenbetrieb),
10 „ Basalt

miteinander mengt, das geschmolzene Glas in Wasser abschreckt, und zum zweiten Male schmilzt; vor der dritten Schmelzung setzt man auf 2 Teile dieses Glases 1 Teil gemahlener Bouteillenabfälle zu und bläst oder formt.

63) Weniger hartes Hyalithglas.

100 kg grünes Flaschenglas,
37 „ Lava,
26 „ Basalt.

Nach Entfernung der Glasgalle fügt man noch 1 kg zerstossene Steinkohlen und 2 kg Kobaltoxyd hinzu. Nach einer andern Vorschrift werden 30 bis 50 Prozent Lava oder Basalt, 2 Prozent Kohlenpulver und 5 bis 6 Prozent Knochenasche mit 42 bis 63 Prozent eines Glassatzes zusammengeschmolzen.

64) Neutrales Grau für Brillengläser (nach Bontemps).

100 kg Sand,
50 „ Mennige,
28 „ Pottasche,
10 „ Soda,
4 „ Braunstein,
3 „ Eisenoxyd,
2 „ Kupferoxyd.

Färben des Glases durch Lasur.

Dass die Gläser als Lösungsmittel für Metalle dienen können, ist bereits an einer früheren Stelle bei Besprechung der durch das Gold und das Kupfer bewirkten Rotfärbung des Glases eingehender erörtert worden. Bemerkt wurde bei dieser Gelegenheit schon, dass das Gold erst in hoher Weissglut, Kupfer bei guter Rotglut, Silber aber schon bei verhältnismässig niedriger Temperatur in das Glas, dieses färbend, eingehe.

Auf dieser Eigenschaft der beiden letztgenannten Metalle, beruht eine häufig angewendete Methode, das Glas zwar in seiner Masse selbst, aber doch nur oberflächlich zu färben. Sie besteht darin, dass auf die Glasfläche eine Masse aufgetragen wird, welche, ohne selbst eine geschmolzene gefärbte Glasschicht zu bilden, bei dem Einbrennen das Glas an der Oberfläche färbt, während der dem färbenden Oxyde als Vehikel dienende Rückstand, der gewöhnlich aus eisenhaltigem Thon oder Eisenoxyd besteht, nach dem Einbrennen wieder weggenommen wird. Es ist daher dieser Prozess eigentlich eine Art von färbender Zementierung der Glasoberfläche, die auch den Namen Lasur führt und der Glasfläche das Ansehen gibt, zumal wenn die Lasierung auf beiden Seiten geschieht, als wäre das Glas in der Masse gefärbt. Man bedient sich dieser Methode hauptsächlich in der Glasmalerei zur Hervorbringung der gelben Farbe aus Silber, deren um die Mitte des XIV. Jahrhunderts erfolgte Einführung in jene Kunst für diese von epochemachender Bedeutung wurde.

Durch Zufall wahrscheinlich hatte man gefunden, dass auf einer bei Rotglut erweichenden Glasscheibe liegendes metallisches Silber jener einen prachtvollen durchsichtigen Goldfleck anhauche*). Diese Wahrnehmung, welche sich glücklicherweise rasch rundplauderte, wurde von den Glaskünstlern aufgegriffen und alsbald zu einer neuen goldigen Schmelzverzierung des weissen und flaschengrünen Glases verwertet. Während man bis dahin das Goldgelb in den Glasgemälden gerade so, wie auch alle andern Farben nur durch das Einbleiben solcher Glasläppchen erzielen konnte, welche in ihrer Masse ursprünglich gelb fabriziert waren, so bekam man es nunmehr in die Gewalt, Goldtöne viel freier und ausgedehnter anzuwenden, indem man durch Auftragen und Aufbrennen des pulverförmig gemengten Silberstoffs direkt auf dem weissen, resp. flaschengrünen Glase die brillantesten Goldpartien erzeugte. Diese aufgebrannten Goldflecke waren zwar nur flach und schattenlos aber intensiv und warmtönig und dabei von einem durchsichtigen Lüstre, wie gehämmertes blankes Metall. Es ist gar keine Frage, dass die Einführung dieses „Kunstgelbs der Alten" die Glasmalerei ausserordentlich bereicherte und belebte, und dass sie für die letztere den Beginn des goldenen Zeitalters bezeichnet.

Die Färbung des Glases durch das Metall darf mit Rücksicht auf die bereits mitgeteilten Untersuchungen Ebells und Müllers nicht befremden, und wenn heute zur Erzeugung derselben allgemein Chlorsilber oder Silberoxyd angewendet wird, so geschieht dies nur deshalb, weil diese Stoffe weit leichter als feinste Pulver zu erhalten sind, als das metallische Silber, während sie bei der hohen Temperatur der Muffel ohnehin zu Metall reduziert werden.

Welche von den beiden genannten Substanzen man verwende, ist im allgemeinen gleichgültig, doch ist dem Silberoxyde der Vorzug zu geben, weil dasselbe seiner leichteren Reduzierbarkeit wegen die Anwendung einer niedrigeren Temperatar und silberärmerer Farben ermöglicht, durch letzteren Umstand aber eine nicht unwesentliche Ersparnis an Edelmetall herbeiführt.

Chlorsilber und Silberoxyd werden, wie schon angedeutet, nicht etwa in reinem Zustande auf das Glas aufgetragen, sondern in Verbindung mit einem indifferenten Stoffe, welcher bei der Muffeltemperatur weder schwindet, noch sintert, noch an dem Glase haftet. Solche Substanzen sind Thon, Rötel, Eisenoxyd, welche vor der Verwendung längere Zeit einer höheren Temperatur ausgesetzt werden müssen, als dies beim Einbrennen der Farbe selbst der Fall sein wird. Nur dann ist man sicher, dass während der letzteren Operation die aufgetragene Masse durch Schwinden Risse erhalte, durch welche einzelne Stellen des Glases freigelegt und daher nicht gefärbt werden würden.

Mit etwa dem 10 bis 15fachen Gewichte von diesen Substanzen mische man das Chlorsilber, das Silberoxyd dagegen mit der 15 bis 20fachen Menge, reibe mit Wasser fein ab und trage die Masse mit dem Pinsel in mässig dicker Schicht auf die zu färbenden Stellen der Glasplatte auf, wobei man nicht versäume gegen die Kanten der hori-

*) Oidtmann, Glasmalerei in ihrer Anwendung auf den Profanbau.

zontal gelagerten Platte einige sanfte, kurze Stösse zu führen, welche die gleichmässige Verteilung des Breies sehr befördern.

Die bei mässiger Temperatur getrocknete Tafel bringt man dann in die Muffel bis zur vollkommenen Entwickelung der Farbe und entfernt nach dem Erkalten den Ueberzug mit einer Bürste und Wasser. Je nach dem Silbergehalt des aufgetragenen Breies ist dann das Glas mehr oder weniger gefärbt; immer aber gehört nur eine ausserordentlich geringe Menge Silber zur Erzeugung selbst der sattesten Töne und der bei weitem grösste Teil des aufgewendeten Metalls, etwa 95 Prozent desselben findet sich in der abgebürsteten Masse unverändert vor, die letztere muss daher sehr sorgfältig gesammelt werden; es ist aber besser das Silber aus ihr auf irgend eine Weise, z. B. durch Auflösen mittels Salpetersäure, wenn man Silberoxyd angewendet hatte, und Versetzen der Lösung mit Kalilauge, welche das Silber wieder als Oxyd abscheidet, zurückzugewinnen, als sie ein zweites Mal zu verwenden.

Man findet oft komplizierte Vorschriften angegeben, nach welchen das Silber für die Zwecke des Lasierens vorbereitet werden soll, namentlich, wenn durch das letztere die satteren, ins Rote ziehenden Nüancen erzielt werden sollen. Auch Schwefelsilber oder eine Verbindung desselben mit Schwefelantimon, welche man durch Zusammenschmelzen von

1 Teil Silber,
2 „ Grauspiessglanzerz,
1 „ Schwefel,

Mahlen der erkalteten Masse und Mischen mit den oben angegebenen indifferenten Stoffen, erhält, ist vorgeschlagen worden. Es genügt indessen das reine Silberpräparat zur Erreichung des Zwecks vollkommen und nur von der relativen Menge desselben sind die resultierenden Farbentöne abhängig. Nach Graeger nimmt man für

Zitronengelb:

1 Teil Chlorsilber,
24 „ gelben Ocker.

Goldgelb:

1 Teil Chlorsilber,
18 „ gelben und braunen Ocker.

Orange:

1 Teil Chlorsilber,
12 „ braunen und roten Ocker.

Granatrot:

1 Teil Chlorsilber,
6 „ roten Ocker.

Je nach dem Silbergehalt der Schicht, die man auf das Glas aufgetragen hat, wechselt somit die Farbe, gleiche Temperatur vorausgesetzt, von Zitronengelb bis Granatrot; es soll jedoch nach Bontemps

die Zusammensetzung des Glases selbst nicht gleichgültig sein, denn es habe sich gezeigt, dass ein und dieselbe Masse gleichstark auf Gläser verschiedener Provenienz aufgetragen, sehr verschiedene Nüancen hervorbringe, doch seien auf Gläsern, erschmolzen aus den nachstehenden Sätzen und nach dem Läutern mit Arsenik geblasen, stets die gewünschten Töne erzielt worden.

	I.	II.
Sand	100	100
Glaubersalz	33	—
Pottasche	—	35
Kochsalz	23	35
Kohlensaurer Kalk . . .	33	35
Kohle	2,3	2
Brocken von gleichem Glase	70	200
Arsenik	0,25	0,25

Dem entgegen ist jedoch nach Ebell*) die Natur des Glases auf die Farbe von keinem Einfluss. Die letztere gelingt auf Tafelglas, Spiegelglas, böhmischem und Bleikristall; nur strengflüssige Gläser scheinen eine Ausnahme zu machen, wenigstens bei der Temperatur der Muffel. Doch ist die Beschaffenheit der Oberfläche nicht gleichgültig; eine rauhere nimmt die Färbung weniger leicht an, als eine glatte, weil die Unebenheiten der ersteren die innige Berührung des Glases durch das Silber verhindern.

Die Silberlasur ist um so wertvoller, als sie ohne weiteres auf fertige, selbst geschliffene und polierte Gläser aufgetragen werden kann, da sie schon bei einer Temperatur sich vollzieht, welche selbst die subtilsten Formen in keiner Weise gefährdet, während sie doch in Wirklichkeit eine Färbung des Glases in seiner Masse ist und nicht, wie die Schmelzfarbenmalerei, auf der Oberfläche desselben sich befindet. Hierbei bietet die Möglichkeit, den silberhaltigen Ueberzug mit einem Pinsel, mit Schablonen u. s. w. nach einem bestimmten Muster auftragen oder auch einzelne Partien der Oberfläche durch eine silberfreie Masse gewissermassen decken zu können, Gelegenheit, Dekorationen und Verzierungen verschiedenster Art anzubringen.

Auch mit kupferhaltigen Präparaten lässt sich das Glas auf dem Wege des Lasierens färben und zwar in dem Farbentone des Kupferrubins. Man reibt zu dem Ende Kupfer- und Eisenhammerschlag mit Ocker und Terpentinöl zu einem zarten Brei, den man mit dem Pinsel oder auf andere Weise aufträgt und nach dem Trocknen in der Muffel einbrennt. Hierbei geht ein Teil des Kupfers in das Glas ein, dieses als Oxyd dunkelgrün färbend. Durch anhaltendes reduzierendes Glühen in der mit glühenden Holzkohlen verlegten Muffel wird dann das Kupferoxyd zu Metall reduziert und es tritt die Rubinfarbe hervor, die aber gewöhnlich erst nach zwei- ja dreimaliger Wiederholung des Brennens ihre volle Schönheit erhält. Nach Bontemps**) ist die Färbung nur auf bleifreien Kaligläsern ausführbar.

---

*) Dingler, 213. 404.
**) Guide du verrier, Paris 1868, 545.

Schmelzfarben.

Die Schmelzfarben, welche behufs farbiger Dekorierung des Glases oder anderer Materialien auf deren Oberfläche aufgetragen und derselben aufgeschmolzen werden, enthalten als färbendes Prinzip gleichfalls Metalloxyde oder gewisse Verbindungen derselben, während die Vereinigung dieser letzteren mit den Dekorationsobjekten durch gewisse, glasartige Verbindungen vermittelt wird, welche in der hohen Temperatur in Fluss geraten und somit den Farbstoffen ebensowohl schmelzartigen Glanz verleihen, wie sie dieselben mit der Unterlage fest verbinden. Je niedriger der Schmelzpunkt dieser glasartigen Verbindung liegt, um so weniger hoher Temperatur bedürfen die Farben zum Einbrennen, um so reichhaltiger an brillanten, satten Tönen wird zwar einerseits die Palette des Glasmalers, da viele Farben in höherer Temperatur zerstört werden, um so weicher aber und weniger widerstandsfähig gegen mechanische und chemische Einflüsse werden sie gleichzeitig und es nimmt dementsprechend die Dauerhaftigkeit der Malerei ab.

Wie schon oben erwähnt, sollen die Schmelzfarben entweder im reflektierten oder im durchfallenden Lichte wirken und sie zerfallen hiernach in

1) undurchsichtige oder nur durchscheinende Schmelzfarben, welche den Farbstoff nicht im Flussmittel gelöst enthalten, wie die farbigen Gläser, sondern nur beigemengt und in der Regel Emailfarben heissen und

2) in durchsichtige Schmelzfarben mit gelöstem Farbstoff, also leichtflüssige, farbige Gläser repräsentierend und gewöhnlich farbige Emails genannt, die man, jenachdem sie durch Zusatz von Zinkoxyd opak geworden sind oder ihre Durchsichtigkeit behalten haben, wieder in farbige Opemails oder farbige Transemails unterschieden werden.

Ausser den hier genannten kommen noch die Metall- und die Metalllüsterfarben in Anwendung. Die ersteren — der Natur der Sache nach sind zu denselben nur die edeln Metalle Gold, Silber, Platin zu gebrauchen, weil nur diese in der hohen Temperatur unverändert bleiben — bestehen entweder aus den auf chemischem oder mechanischem Wege in feinstes Pulver verwandelten Metallen, welche mit einem Flussmittel gemischt aufgetragen, eingebrannt und poliert werden (Poliergold u. s. w.) oder aus Lösungen der genannten Metalle in schwefelhaltigen Oelen, welche nach Verflüchtigung und Zerstörung der Oele bei verhältnismässig niedriger Temperatur die Metalle in glänzender Schicht hinterlassen, ohne dass diese eines nachfolgenden Polierens bedürften (Glanzgold, Glanzsilber).

Unter Lüsterfarben versteht man endlich Metallüberzüge in so dünner Schicht, dass dieselben die eigentlichen Farben der Metalle nicht mehr erkennen lassen, sondern nur jene Brechung des Lichts bewirken, welche sie nach Art der Farben dünner Blättchen regenbogenfarbig schillern lassen.

Irisierende Gläser erhält man ferner auch, indem man entweder die fertigen Gegenstände in einer geschlossenen Muffel oder die noch an der Pfeife haftenden in einer etwas grösseren rotwarmen eisernen

Form den Dämpfen von Zinn-, Baryt- oder Strontiansalzen oder eines Gemisches derselben aussetzt. Ist dabei die Temperatur zu hoch oder sind die angewendeten Salze nicht rein, so bekommen die Gläser nur matten Glanz, bei zu niedriger Temperatur werden die Farben unvollkommen und es entstehen Flecke auf den Arbeitsstücken, wenn die letzteren mit den Salzen selbst in Berührung kommen.

Während die Flussmittel der Schmelzfarben, sollen dieselben vielleicht der reichhaltigen Palette des Porzellanmalers dienen, sehr verschiedenartiger Zusammensetzung sind*), bedarf man deren für die Glasmalerei strenggenommen nur zwei, das eine für die roten Goldpurpur- oder Karminfarben, das andere für alle übrigen. Zur Darstellung dieses letzteren sogenannten Hauptflusses dienen verschiedene Gemenge, z. B.

1) 1 Teil Quarz (weisser Sand, Feuerstein) äusserst rein,
6 „ Mennige,
3 „ Borsäure kristallisiert,

oder

2) 2 Teile Quarz,
6 „ Mennige,
1 „ Borax,

der letztere von Salvetat als besonders widerstandsfähig empfohlen, während man Salvetats Purpurfluss aus

3) 4 Teile Quarz,
3 „ Mennige,
6 „ Borax

erhält. Diese Substanzen werden als feine Pulver genau zusammengegewogen, in einer Reibschale gut gemengt und in einem bedeckten Tiegel in einem gut ziehenden Windofen anfangs schwächer, später stärker erhitzt bis die ganze Masse in ruhigen Fluss gekommen und völlig geläutert ist. Man hebt dann den Tiegel mit einer Zange aus dem Ofen und giesst den Inhalt langsam in ein Gefäss mit Wasser um das Glas abzuschrecken und leichter zerreiblich zu machen oder man giesst es, was nach Salvetat, um etwaiger Zersetzung des Flusses durch das Wasser und dadurch bewirkter grösserer Schwerschmelzbarkeit desselben vorzubeugen, vorzuziehen ist, auf eine kalte Stein- oder Metallplatte aus.

Mit dem feingepulverten Fluss werden dann die betreffenden Farbstoffe innig gemengt und je nach der grösseren oder geringeren Leichtigkeit, mit welcher sie mit jenen die zur Erzeugung des gewünschten Farbentons erforderliche Verbindung eingehen, entweder in diesem Zustande verwendet oder zunächst bis zum Sintern oder auch bis zum völligen Schmelzen erhitzt, worauf dann die abermals feingeriebene Fritte oder Schmelze die Farbe repräsentiert.

Zu denjenigen Farben, welche nicht mit dem Flussmittel durchgeschmolzen werden, gehören diejenigen, deren Farbstoffe entweder der fertigen Farbe gleichgefärbt sind oder beim Durchschmelzen sich

*) Strele-Tscheuschner „Porzellan- und Glasmalerei", Weimar, 1883, B. F. Voigt.

verändern würden, z. B. die Oxyde des Eisens, Chroms, der Goldpurpur u. a.

Solche Farben, deren charakteristische Färbung erst durch die Verbindung der betreffenden Oxyde mit der Kieselsäure oder dem Bleioxyde des Flussmittels hervortritt, werden mit letzterem durchgeschmolzen. Es sind dies z. B. die kobalt- oder kupferoxydhaltigen Farben. Die Bereitung dieser Farben kann dadurch vereinfacht werden, dass man die betreffenden Oxyde gleich bei der ersten Schmelzung den Bestandteilen des Flusses zusetzt.

Gefrittet endlich werden solche Farben, welche nur bei einer bestimmten, nicht sehr hohen Temperatur ihre charakteristische Farbe entwickeln, für welche also, wollte man sie nur mit dem Flussmittel gemischt anwenden, die Temperatur des Einbrennens nicht genügen würde, die Farbe hervortreten zu lassen, während die letztere durch ein vollständiges Schmelzen der Farbe gänzlich verändert oder vernichtet werden würde.

a) Schwarze Schmelzfarben.

1) 2 Teile Kupferoxyd, 1 Teil Flussmittel oder leichtflüssiges Kristallglas werden gemischt.

2) Kupferoxyd, Eisenoxydul, Braunstein, von jedem gleiche Gewichtsteile werden gemischt, geglüht und mit 3 Teilen Flussmittel gemischt.

3) 2 Teile Kobaltoxyd, 3 Teile Eisenfeile; man löst jedes für sich in Salzsäure auf, das Kobaltoxyd in der Wärme, das Eisen kalt, verdünnt mit viel Wasser, giesst die Flüssigkeiten untereinander, filtriert und schlägt mit kohlensaurem Kali oder Natron nieder; man wäscht den Niederschlag aus, trocknet und glüht, und vermischt ihn mit 5 Teilen vom Fluss Nr. 1.

4) 1 Teil Kobaltoxyd, 1 Teil Braunstein, 1 Teil Kupferoxydul. Die gepulverten und innig gemengten Substanzen werden eine Stunde lang geglüht und nach dem Erkalten mit 4 Teilen gemahlenem Bleikristall zusammengeschmolzen; man giesst den Inhalt des Tiegels in kaltes Wasser und zerreibt die erstarrte Masse zu einem feinen Pulver.

Man kann die vorstehenden Gemenge, je nachdem man ins Blaue, Braune, Grüne oder Violett sich ziehendes Schwarz darstellen will, aufs mannichfaltigste abändern. Wenn man diese Farben mit der drei- oder vierfachen Menge Glas versetzt, so erhält man Grau.

b) Weisse Schmelzfarben.

5) Emailweiss. 2 Teile undurchsichtiges weisses Glas werden mit 1 Teil Mennige zusammengeschmolzen, in Wasser abgeschreckt und zerrieben.

6) 1 Teil Knochenasche, 2 Teile Mennige, 4 bis 8 Teile weisses Glas; geschmolzen, geschreckt und zerrieben.

7) 1 Teil Zinnoxyd, 2 bis 6 Teile Fluss werden zerrieben, gemengt und in dünnen Schichten aufgetragen.

8) 53 Teile Quarz, 26 Teile Kalcine, 21 Teile kohlensaures Kali werden, innig gemengt, unter jedesmaligem feinstem Zerreiben der gefritteten Masse, mehrmals bis zum beginnenden Schmelzen erhitzt.

Unter Kalcine versteht man ein Gemenge von Zinnoxyd und Bleioxyd, welches aus einer Legierung von Zinn und Blei, in diesem Falle von 15 Teilen Zinn und 100 Teilen Blei, durch Kalcination bereitet wird.

Man schmilzt nämlich diese Legierung in einem flachen Schmelzgefässe in schwacher Rotglut, und zieht das auf der Oberfläche sich bildende Oxyd in dem Masse, als es entsteht, ab, bis die ganze Legierung oxydiert ist. Um die Oxydierung vollständig zu machen, erhitzt man das gewonnene Oxyd noch durch einige Zeit und schlämmt es dann. Den Schlämmrückstand glüht man nochmals, um ihn weiter zu oxydieren und schlämmt ihn neuerdings.

Eine andere Zusammensetzung ist jene von Paris und Ami, sie besteht aus:

14 Teilen geschmolzenem Borax, 14 Teilen Zinnoxyd, 4 Teilen arseniger Säure, 68 Teilen Kristallglas.

Das Kristallglas ist zusammengesetzt aus:

45 Teilen Quarz, 37 Teilen Mennige, 18 Teilen kohlensaurem Kali, welche Substanzen zusammengeschmolzen werden.

c) Blaue Schmelzfarben.

9) 1 Teil Kobaltoxyd, 4 Teile gebrannter Borax, mit 1 bis 4 Teilen nicht zu hartem böhmischen Glase zusammengeschmolzen und zerrieben.

10) 3 Teile Kobaltoxyd, 2 bis 5 Teile eines Flusses aus 8 Teilen weissem Sande, 6 Teilen gebranntem Borax, 1 Teil Salpeter und 1 Teil Kreide.

11) 3 Teile reines Thonerdehydrat, 1 Teil kohlensaures Kobaltoxyd in Salpetersäure gelöst, zur Trockne verdampft, mit der dreifachen Gewichtsmenge des Flusses Nr. 1 gemengt; dieses Blau nimmt einen vortrefflichen Glanz an.

12) Man schüttet die stark verdünnten Auflösungen von 4 Teilen Alaun und 1 Teil salpetersaurem Kobaltoxyd zusammen, schlägt durch Ammoniak nieder, dampft zur Trockne und setzt 3 Teile böhmisches weisses Glas hinzu.

13) 92 Teile Alaun, 6 Teile kohlensaures Kobaltoxydul, und 2 Teile kohlensaures Zinkoxyd.

Der Alaun wird in Wasser aufgelöst, das Kobalt- und Zinkoxyd in Salzsäure, man mischt alle diese Lösungen zusammen und fällt durch Zusatz von kohlensaurem Natron bis zur Neutralisation zur filtrierten Mischung die Thonerde, das Kobalt- und Zinkoxyd miteinander vereinigt heraus. Der gut ausgewaschene Niederschlag wird auf dem Filter gesammelt und getrocknet, fein zerrieben und unter häufigem Umrühren bei lebhaftem Feuer kalciniert. Bei der Rotglut entwickelt sich das Blau, bei etwas höherer Temperatur zieht es ins Violette, man muss daher sehr sorgfältig darauf achten, wenn das Blau die richtige Färbung erlangt hat, die Operation zu unterbrechen.

Strele nimmt nach dem Vorgange Brongniarts auf 1 Teil dieses Präparats $2^1/_2$ Teile eines Flusses, welchen er durch Zusammenschmelzen von 60 Teilen Mennige, 20 Teilen Quarz, 20 Teilen kristallisierter Borsäure erhält. Man hat Brongniart vorgeworfen, wie in andern Fällen, so auch hier eine falsche Vorschrift gegeben zu haben*), was bei der gründlichen Kenntnis der Farbenfabrikation, welche man jenem unter allen Umständen vindizieren muss, einer absichtlichen Täuschung gleich zu achten sein würde. Der betreffende Fluss soll wegen seiner zu sauren Eigenschaften das Blaupräparat vollständig zersetzen, so dass man beim Schmelzen statt des beabsichtigen Türkisblau eine schmutzig blaugrüne Nüance erhalte. Dem widerspricht, dass für das fragliche Flussmittel das Sauerstoffverhältnis der Säuren zu dem der Basen sich auf etwa 5 : 2 berechnet, also noch unter dem eines Trisilikats bleibt, während der von anderer Seite**) für ein ähnliches Türkisblau empfohlene aus 5 Teilen Rocaillefluss (aus 1 Teil Quarz und 3 Teilen Mennige), 1 Teil Boraxglas zusammengesetzte Fluss für dies Verhältnis 5,3 : 2 ergibt. Wächter will sogar für ein Türkisblau obiger Präparation den bei den Metallfarben zu besprechenden Metallfluss angewendet wissen.

Im übrigen ist auf die schwierige Darstellung gewisser Farben schon in den einleitenden Worten über die Frittenfarben ausführlich hingewiesen worden.

d) Gelbe Schmelzfarben.

14) Durchscheinendes Gelb; man frittet 1 Teil Antimonoxyd mit 2 Teilen bleihaltiger Zinnasche, 1 Teil Salpeter und 24 Teilen Fluss aus 1 Teil Quarz und 3 Teilen Mennige zusammen, und zerreibt das Ganze zu einem feinen Pulver.

15) Man schmilzt 1 Teil Antimonium diaphoreticum mit 2 Teilen Mennige zusammen, pulvert die Schmelze nach dem Abkühlen und verreibt sie mit 1 Teil Fluss wie vorstehend.

16) 1 Teil Uranoxyd (Uransäure) wird mit 3 Teilen Fluss aus 1 Teil Quarz und 4 Teilen Mennige verrieben.

Alle diese Farben sind undurchsichtig, die durchsichtigen Gelb erhält man wie oben beschrieben durch Lasur.

e) Grüne Schmelzfarben.

17) Smaragdgrün. 1 Teil Kupferoxyd, 4 Teile Kristallglas, 1 Teil Mennige geschmolzen, abgeschreckt und zerrieben.

18) Man versetzt eine Auflösung von 1 Teil Kupfervitriol in 8 Teilen kochendem Wasser mit einer Auflösung von Borax, wäscht und trocknet den entstandenen Niederschlag, schmilzt, schreckt und zerreibt 1 Teil dieses Produkts mit 3 Teilen Kristall und 1 Teil Mennige.

---

*) Hermann, Glasmalerei etc.

**) Müller, Fabr. d. f. d. Glasmalerei etc. geeigneten Farben.

19) 2 Teile chromsaures Bleioxyd werden mit einem Flusse aus 4 Teilen Quarz, 11 Teilen Mennige, 6 Teilen gebranntem Borax zu einer klaren Masse geschmolzen, ausgegossen und fein abgerieben.

20) 1 Teil Chromoxyd mit 4 Teilen Fluss verrieben.

Das benötigte Chromoxyd verschafft man sich am besten, indem man ein Gemenge von 1 Teil Schwefel und 2 Teilen eisenfreien, zweifach chromsaurem Kali anzündet. Man bringt die fein geriebenen und gut gemengten Stoffe in eine unglasierte Thonschale, macht in der Mitte eine kleine Vertiefung, füllt sie mit Schwefelblume und zündet diese an. Das Produkt der an offener Luft vor sich gehenden Verbrennung ist Chromoxyd, welches mit heissem Wasser ausgewaschen wird. Es ist durchaus nicht nötig, die Masse während des Prozesses umzuschaufeln, denn die Verbrennung setzt sich ohne alles Zuthun bis zum Innern der Masse fort. Das so erhaltene Chromoxyd wird ausgewaschen, getrocknet und, um etwas Schwefel, der sich der Verbrennung entzogen hatte, zu entfernen, nochmals ausgeglüht; das Chromoxyd besitzt alsdann eine sehr schöne grüne Farbe.

Um mittels dieses Oxyds Gelbgrün zu erhalten, verbindet man dasselbe mit Thonerde, zu welchem Behufe man Thonerdehydrat anwendet. Fällt man eine stark verdünnte Lösung von Ammoniak- oder Kalialaun durch Ammoniak, so erhält man ein Thonerdehydrat, welches 62 Prozent Wasser enthält. In diesem Zustande wird die Thonerde angewendet, wobei man auf 1 Aequivalent Chromoxyd 1 Aequivalent Thonerdehydrat nimmt, beide Stoffe aufs innigste zusammenreibt und dann glüht; 1 Aequivalent grünes Chromoxyd = 76 und 1 Aequivalent Thonerdehydrat = 132,5.

Die geglühte Masse wird mit kochendem Wasser ausgewaschen, um eine kleine Menge von chromsaurem Kali zu entfernen, welches sich auf Kosten von etwas Kali, falls man Kalialaun angewendet hätte, oder auch aus dem dem Chromoxyd noch anhängenden Kali gebildet hat.

Blaugrün wird auf dieselbe Weise erhalten, indem man

1	Aequivalent	grünes Chromoxyd	=	76,0,
2	„	Kobaltoxyd . . .	=	76,0,
2	„	Thonerdehydrat .	=	265,0

innig miteinander vermengt, glüht und mit kochendem Wasser auswäscht.

21) Versetzt man Nr. 20 mit 2 Teilen Zinkoxyd, so wird die Farbe durchsichtiger.

22) 1 Teil Chromoxyd, 1 Teil Kobaltoxyd, 4 Teile Alaun (die beiden letztern Körper wie Nr. 11 behandelt), 6 Teile Fluss.

23) 1 Teil Kupferoxyd, $^1/_2$ Teil Eisenoxyd mit 6 Teilen Fluss geschmolzen.

f) Rote Schmelzfarben.

Die roten Farben werden alle aus dem Eisenoxyd erhalten, welches je nach dem bei seiner Bereitung angewendeten Verfahren sehr verschiedene Nüancen gibt, die aber nur bis zu einer nicht sehr hohen Temperatur, welche die lichte Kirschrotglut, d. i. 1000° C. oder die Temperatur des schmelzenden Silbers, nicht erreichen darf, beständig

sind. Es ist dies die stärkste Hitze für Muffelfarben, nämlich jene für die sogenannten harten Muffelfarben.

Man bereitet diese roten Farben aus dem Eisenvitriol, indem man ihn trocknet und bei einem um so stärkeren Feuersgrad kalciniert, als man ein mehr violettes Rot erhalten will.

Salvetat beschäftigte sich mit dem Studium des Eisenrot sehr eingehend und fand, dass das Orangerot durch einen Zusatz von Zinkoxyd (oder Thonerde) zum Eisenoxyd lebhafter und beständiger zu erhalten ist, während die violetten Nüancen das stärkere Blau dem Zusatz einer geringen Menge Manganoxyd verdanken. Der Unterschied in den Farbennüancen des reinen Eisenoxyds liegt in der Temperatur, welcher dasselbe ausgesetzt wurde; je höher diese war, desto kräftiger ist der Ton. Alle Farben nämlich, welche das Eisenoxyd durch Glühen annehmen kann, bilden einen Uebergang von Orange zu Rot und Violett, d. h. sie können aus Gelb, Rot und Blau zusammengesetzt gedacht werden, Farben, die miteinander vermischt ein mehr oder weniger dunkles Grau geben, je nach der Intensität der drei Elementarfarben. Je niederer daher die Glühtemperatur des Eisenoxyds war, desto mehr bleibt Gelb vorherrschend, je höher diese war, desto mehr herrscht Blau vor.

Nach diesem scheint es also erwiesen, dass die Farbe um so reiner werden muss, je gleichförmiger die einer bestimmten Temperatur entsprechende Farbenveränderung in der ganzen Masse des Eisenoxyds vor sich gegangen ist; sie wird am reinsten sein, wenn alle Teile nur die gleiche Temperatur erhalten haben.

Man wird dies am leichtesten erreichen, wenn man das Glühen nur in kleinen Partien vornimmt und unter stetem Umrühren während der Zeit des Glühens. Wird aus genommenen Proben ersichtlich, dass man die gewünschte Farbe erhalten hat, so hört man mit dem Feuern auf. Alle auf solche Art erhaltene Präparate versucht man zuerst im kleinen und gibt nur jene zusammen, die vollkommen identische Farben zeigen. Auf diese Art kann man Präparate erhalten mit den Färbungen Orangerot, Blutrot, Fleischrot, Karminrot, Lackrot, Violettrot und Dunkelviolettrot, und mit diesen Präparaten durch Vermengung und Zusammenreiben mit Fluss dieselben Farben darstellen. Der dazu passende Fluss besteht nach Salvetat aus einem zusammengeschmolzenen Glase von:

19,5 Teilen Quarz, 57 Teilen Mennige, 21 Teilen kristallisierter Borsäure und 2,5 Teilen geschmolzenem Borax.

Von diesem Fluss nimmt man 4 bis 6 Teile auf 1 Teil Farbstoff und erhält somit:

24) Orangerot aus 1 Teil orangerotem Eisenoxyd und 4 bis 6 Teilen Fluss.

25) Blutrot aus 1 Teil blutrotem Eisenoxyd und 4 bis 6 Teilen Fluss.

26) Fleischrot aus 1 Teil fleischrotem Eisenoxyd und 4 bis 6 Teilen Fluss.

27) Karminrot aus 1 Teil karminrotem Eisenoxyd und 4 bis 6 Teilen Fluss.

28) Lackrot aus 1 Teil lackrotem Eisenoxyd und 4 bis 6 Teilen Fluss.

29) Violettrötlich aus 1 Teil violettrötlichem Eisenoxyd und 4 bis 6 Teilen Fluss.

30) Dunkelviolett aus 1 Teil dunkelviolettem Eisenoxyd und 4 bis 6 Teilen Fluss.

Alle diese Farben werden mit dem Fluss in einer Reibschale gemengt und dann auf einem Reibstein mit Wasser verrieben.

Purpur-, Karmin- und violettrote Farben, welche mit dem öfter erwähnten Cassiusschen Goldpurpur erhalten werden, nennt man meist Goldfarben. Von der Bereitungsweise des Goldpurpurs hängt auch die Güte der Farbe ab. Nach Salvetat erhält man ihn in folgender Weise.

Man löst feines Gold in Königswasser auf, verdünnt die Lösung mit destilliertem Wasser, filtriert sie und fügt neuerdings so viel destilliertes Wasser zu, bis die Farbe der Lösung schwach zitronengelb wird. Zu gleicher Zeit bereitet man sich eine Lösung von Zinn in Königswasser. Dabei muss mit sehr vieler Sorgfalt zu Werke gegangen werden, um gleichzeitig die beiden verschiedenen Chlorverbindungen, nämlich das Einfach-Chlorzinn oder Zinnchlorür und das Zweifach-Chlorzinn oder Zinnchlorid zu erhalten. Von der gleichzeitigen Gegenwart dieser beiden Chlorverbindungen und dem Verhältnis derselben scheint der gute Purpur abzuhängen.

Die nun dabei zu beobachtenden Vorschriften bestehen darin, dass man möglichst reines Zinn nimmt und die Auflösung desselben so leitet, dass sich die Flüssigkeit nicht erwärmt. Man nimmt daher Zinnfolien aus Malakkazinn, welche man in Streifen zerschneidet und in kleinen Partien nach und nach zusetzt, wenn sich die frühere Partie bereits aufgelöst hat. Um die Erwärmung noch mehr zu verhindern, stellt man das Gefäss, in dem die Auflösung des Zinnes vorgenommen wird, in eine grosse Schale mit kaltem Wasser. Nach der Auflösung der bestimmten Zinnmenge bleibt ein geringer schwarzer Rückstand, von dem man die klare Flüssigkeit abgiesst. Die so erhaltene klare Zinnlösung giesst man, ohne zu warten, tropfenweise in die blass zitronengelbe Goldlösung unter stetem Umrühren derselben mit einem Glasstabe. Wenn man mit einer nicht vorher bestimmten Zinnmenge arbeitet, so hört man mit dem Zugiessen auf, sobald der Niederschlag ins Violette zu ziehen anfängt. Man lässt den erhaltenen Purpur nun sich setzen, wäscht ihn mehrere Male aus und sammelt ihn auf einem Filtrum, worauf er eine gallertartige Konsistenz erhält. Er wird nicht getrocknet, sondern unter Wasser aufbewahrt. Bei der Verwendung nimmt man nur den jedesmaligen Bedarf davon weg. Ueber diese Vorsicht sind im allgemeinen alle Autoren einig, weniger sind sie es aber in Beziehung der Natur der Auflösungsmittel, der Verhältnisse derselben zum Gold und Zinn und der Verhältnisse von Gold und Zinn, welche zu nehmen sind, um einen schönen Goldpurpur zu erhalten. Im allgemeinen kann man ihn als gut bereitet betrachten, wenn er eine frische weinrote Farbe hat.

Das spezielle Verfahren, dessen sich Salvetat zur Bereitung des Goldpurpurs in der Manufaktur zu Sevres bediente, besteht in nachstehendem.

Man setzt sich ein Königswasser zusammen aus 16,8 g gewöhnlicher im Handel vorkommender Salpetersäure und 10,2 g Salpetersäure von 36°.

In 9 g von diesem Königswasser werden 0,5 g Feingold aufgelöst und mit 14 l Wasser verdünnt, wodurch die Lösung schwach gelb gefärbt erscheint; dann filtriert man sie.

Die andern 18 g Königswasser werden mit 3 bis 5 g destilliertem Wasser verdünnt und darin unter Beobachtung der obenerwähnten Vorsichtsmassregeln 3 g Zinn aufgelöst. Man braucht dazu 4 Stunden. Nachdem man die klare Flüssigkeit von dem schwarzen Bodensatz abgegossen hat, setzt man sie, wie bereits angegeben, der Goldlösung zu. Der erhaltene Goldpurpur, welcher die Farbe eines alten Rotweins hat, wird mit kochendem Wasser ausgewaschen, auf einem Filter gesammelt und nass aufbewahrt.

Da es gut ist, immer nur mit diesen kleinen Mengen von Gold und Zinn zu arbeiten, so kann man, um Zeit zu ersparen, sich für eine grössere z. B. zehnfache Menge, das Königswasser auf einmal bereiten und dasselbe in die für jede einzelne Gold- und Zinnlösung bestimmten Gefässe dispensieren. Man erhält dadurch in 20 Gefässe verteilt die für 10 Operationen nötigen Lösungen zu gleicher Zeit.

Eine andere Methode wurde von Bolley angegeben. Sie erlaubt mit Leichtigkeit, in der Zinnlösung passende Mischungen von einfachem und zweifachem Chlorzinn zu erhalten. Man nimmt dazu das in der Färberei verwendete und daher im Handel leicht zu erhaltende Pinksalz, welches eine wasserfreie sehr beständige Verbindung von 70,8 Teilen zweifachem Chlorzinn und 29,2 Teilen Salmiak ist. Von diesem Salz werden 10 g in 40 g destilliertem Wasser aufgelöst, die Lösung mit einem Zusatz von 1,07 g reinen Zinnes solange erwärmt, bis dieses aufgelöst ist, worauf noch 140 g destilliertes Wasser zugesetzt werden. Diese Flüssigkeit dient nun dazu, um aus einer möglichst neutralen Lösung von 1,34 g Gold in Königswasser, die mit 480 g destilliertem Wasser verdünnt wurde, unter Beobachtung der angegebenen Vorsicht den Goldpurpur zu fällen.

Ein von beiden Methoden ganz verschiedenes Verfahren ist folgendes: Man macht sich eine Legierung aus 1 Teil Gold, $^1/_2$ Teil Zinn und 4 bis 5 Teilen Silber und behandelt dieselbe mit Salpetersäure. Das Silber löst sich auf und es hinterbleiben Gold und Zinn mit Sauerstoff verbunden. Der hierdurch erhaltene Purpur gibt schöne Farben, und je nach dem Verhältnis von Gold und Zinn, die man anwendet, lassen sich andere Farbennüancen erhalten.

In seiner „Kunst auf Glas zu malen" gibt Dr. M. A. Gessert zur Bereitung des Goldpurpurs folgende Vorschrift:

Dukatengold wird in Königswasser aufgelöst, die Auflösung wird, insofern das Gold mit Silber legiert war, von dem sich ausscheidenden Chlorsilber abgeschieden, das letztere mit etwas destilliertem Wasser abgewaschen und dieses der Auflösung zugefügt, worauf man dieselbe unfiltriert bei mässiger Hitze soweit abdampft, bis sie eine dicke

kristallinische Salzhaut bildet und beim Neigen des Gefässes auf die Seite nur noch ein wenig der roten Auflösung unter der Salzhaut hervorquillt. Man lässt jetzt die Masse erkalten, wobei sie durch und durch fest wird, löst sie ohne langen Aufschub, um das Anziehen von Feuchtigkeit zu vermeiden, in dem zehnfachen Gewicht destillierten Wassers auf, filtriert die Auflösung, welche eine geringe Menge reduzierten Goldes hinterlässt. Zum Auswaschen des Filters behält man von der genau gewogenen Menge Wassers etwas zurück und fügt diesen Rest dann der Auflösung zu. Zur Bereitung der Zinnlösung kann man sich sehr wohl des käuflichen kristallisierten Zinnsalzes (Zinnchlorür) bedienen, welches man, wenn es feucht ist, durch Pressen zwischen Druckpapier trocknet. Einen Teil desselben löst man in 4 Teilen Wassers auf, filtriert die Auflösung und verwendet sie sogleich nach ihrer Bereitung, weil sie späterhin durch Anziehen von Sauerstoff aus der Luft trüb wird und basisch salzsaures Zinnoxyd in Gestalt eines weissen Pulvers absetzt. Ferner löst man 1 Teil arabischen Gummis in 3 Teilen Wasser auf und filtriert die Lösung durch graues Fliesspapier, weil das weisse, seiner grössern Dichtigkeit wegen, die klebrige Flüssigkeit schwer durchlassen würde. Hat man auf vorstehende Weise die drei Flüssigkeiten bereitet, so vermischt man dem Gewichte nach 720 Teile destilliertes Wasser mit 14 Teilen der Gummilösung und trägt nach sorgfältigem Umrühren 7 Teile der Zinnlösung ein. Das Gefäss, in welchem letztere abgewogen wurde, spült man mit ein wenig Wasser aus und vermischt sodann das Ganze mit $11\frac{1}{2}$ Teilen Goldlösung, deren Gefäss man gleichfalls, jedoch mit der Mischung selbst, nachspült. Die Färbung, welche durch das angegebene Verhältnis der Zuthaten entsteht, ist feurig-rotbraun, allein im Feuer entwickelt sich daraus gerade das schönste Purpurrot. Durch die Einwirkung der bei der Bildung des Purpurs in der Flüssigkeit frei gewordenen Säure wird die Farbe leicht etwas verändert, was man dadurch beseitigt, dass man sie mit ihrem doppelten Gewicht Wasser verdünnt, 5 Teile doppelt-kohlensaures Kali in derselben auflöst und sie dann erst der nach obiger Anweisung mit Gummi versetzten Zinnlösung beimischt. Um den Purpur, dessen Absetzen durch das Gummi verhindert wird, abzuscheiden, versetzt man das Gemisch mit Weingeist, bis eine starke Trübung entsteht. Hierzu ist von 75prozentigem Weingeist ungefähr das doppelte Gewicht der Mischung erforderlich, wenn doppelt-kohlensaures Kali angewendet wurde, ausserdem das dreifache. Nach Verlauf einer Stunde, wenn man während dieser Zeit einige Male umrührt, fällt der Purpur in rötlichbraunen Flocken nieder und die Flüssigkeit bleibt klar, nur mit geringer Färbung darüber, stehen. Nachdem man dekantiert hat, wird der Niederschlag noch mit etwas Weingeist übergossen, worauf man ihn auf einem Filter abtropfen lässt, dann samt dem Filter zwischen Löschpapier allmählich ausdrückt, ablöst und in einer Reibschale mit schwachem 50prozentigen Weingeist zu einem dünnen Brei anreibt, den man in einem geeigneten Gefässe drei Minuten kochen lässt und dann in ein Cylinderglas giesst. Sobald er sich hier gesetzt hat, giesst man die Flüssigkeit ab und ersetzt sie durch doppelt soviel Wasser. Diese Operation wird noch einmal wiederholt, wenn das Gummi bis auf einen kleinen unschäd-

lichen Rest entfernt werden soll, was nötig ist. Sollte aus dem letzten Wasser der Purpur schon sehr langsam fallen und eine Neigung sich aufzulösen dadurch beurkunden, dass er dicht über dem Bodensatz eine fast klare rote Schicht bildet, so muss man nach dem Abgiessen des Wassers wieder eine Portion starken Weingeist zusetzen, damit der Purpur von neuem etwas dichter koaguliere und der letzte Anteil Flüssigkeit sich filtrieren lasse. In jedem Falle wird der abgetröpfelte Niederschlag, wie das erste Mal, zwischen Löschpapier ausgedrückt und muss mit einem stumpfen Messer losgenommen und in einer Porzellanschale ausgetrocknet werden, wobei er sehr stark an Volumen verliert und eine ganz dunkle Farbe erhält. Zur Anwendung reibt man den Purpur auf einem Reibstein anhaltend mit Wasser zusammen, bis eine klare tiefgefärbte dickliche Flüssigkeit entsteht, setzt dann das Flussmittel zu, reibt wieder und lässt das Ganze in einer Porzellanschale austrocknen, worauf es zur Verwendung zum Malen mit Terpentinöl angerieben wird.

Nach Wächter löst man zur Herstellung des Purpurs 5 g Zinn in kochendem Königswasser, konzentriert im Wasser bis zur Kristallisation, nimmt die Salzmasse in destilliertem Wasser auf, setzt 2 g Zinnchlorürlösung von 1,7 spez. Gewicht hinzu, verdünnt mit 10 l Wasser, versetzt mit einer möglichst neutralen 0,5 g Metall enthaltenden Goldlösung, befördert durch Hinzufügen von 50 g Ammoniak das Abscheiden des Niederschlags, wäscht durch Dekantieren, filtriert und presst zwischen Papier aus.

Ueber die chemische Konstitution des Goldpurpurs herrschen noch heute unter den Chemikern die verschiedensten Ansichten, indem die meisten derselben in jenem eine höhere Oxydationsstufe des Goldes vermuten, während andere ihn als durch feinzerteiltes Gold gefärbtes Zinnoxyd ansehen.

Nach den sehr gründlichen Untersuchungen von Fischer unterliegt es jedoch keinem Zweifel mehr, dass letzteres der Fall ist, sowie ferner, dass der Goldpurpur keine andere Oxydationsstufe des Zinns als das Zinnoxyd enthält. Der Prozess seiner Bildung durchläuft zwei Phasen, die durch die folgenden Gleichungen ausgedrückt werden:

1) $Au\,Cl_3 + 3\,Sn\,Cl = Au + 3\,Sn\,Cl_2$, und
2) $3\,Sn\,Cl_2 + 6\,HO = 3\,Sn\,O_2 + 6\,C\,Cl.$

Der erste Vorgang besteht also in der Reduktion des Goldchlorids zu Metall, und zwar in der purpurroten Modifikation unter gleichzeitiger Bildung von Zinnchlorid. Er erfolgt unter allen Umständen, d. h. die Lösungen mögen konzentriert oder verdünnt sein; aber nur im letzteren Falle erhält man einen Niederschlag, und in der Entstehung desselben liegt zugleich der zweite Vorgang des Prozesses, nämlich die Zersetzung des Zinnchlorids in Salzsäure und Wasser. An die Moleküle des Zinnoxydhydrats hängen sich dann die des reduzierten Goldes, wie der Farbstoff an ein Gewebe, und bilden den Niederschlag, wobei der eigentümliche Umstand eintritt, dass nicht bloss der reduzierte, sondern auch der höher oxydierte Körper, und zwar beide miteinander vermengt, herausfallen.

Zinnchlorid hat auf die Erzeugung des Purpurs nicht den geringsten Einfluss, wohl aber ist es, vermöge seiner Zersetzbarkeit durch viel Wasser, geeignet, das Präparat mit Zinnoxyd übermässig zu beladen. Auf die technische Anwendung haben inzwischen die wandelbaren Mengen von Zinnoxyd und Goldpurpur keinen Einfluss.

Zu den Eigenschaften des Goldpurpurs gehört unter anderem, dass er im frisch erzeugten Zustande sich in Goldsolution auflöst, dagegen selbst im frisch gefällten Zustande in Ammoniak unlöslich ist. — Salzsäure entzieht dem Präparate nicht alles Zinnoxyd; Königswasser löst es leicht und vollständig auf; dagegen gibt der geglühte Purpur an Salzsäure nichts und an Königswasser nur das Gold ab *).

Nicht nur nach den verschiedenen Bereitungsweisen, sondern sogar bei stetiger Befolgung derselben Methode erhält man sehr leicht verschiedenartig gefärbte Präparate, von denen oft die unscheinbarsten, braunroten prächtigere Schmelzfarben liefern, als solche, welche mit schöner Purpurfarbe aus den Lösungen sich abscheiden.

Die Ansichten Fischers über die chemische Konstitution des Goldpurpurs haben neuerdings durch die Arbeiten M. Müllers**) ihre volle Bestätigung gefunden, indem derselbe die verschiedenartigsten weissen Niederschläge, alkalische Erden, Bleioxyd, Thonerdehydrat u. s. w. selbst organische Körper, wie weisse Seide, mit einer dünnen Schicht metallischen Goldes sich überziehen liess und so eine ganze Reihe neuer Goldpurpure erhielt. Zur Herstellung von Magnesiapurpur z. B. wird in Wasser suspendierte Magnesia mit Goldchloridlösung versetzt und erwärmt bis nahe zum Siedepunkt des Wassers. Alles Gold wird dabei als Oxyd abgeschieden, und letzteres lagert sich gleichmässig in ganz dünner Schicht auf den Teilchen der unzersetzten Magnesia ab. Man filtriert, wäscht aus, trocknet und glüht das hellgelbe, lockere Pulver im Platintiegel. Die Reduktion des Goldes und die dadurch herbeigeführte intensive Rötung setzt sich mit grosser Schnelligkeit durch die ganze Masse fort. Die so erhaltenen Magnesiapurpure sind überaus intensiv gefärbt. Bei 25 Prozent Goldgehalt zeigen sie ein sattes Karminrot, bei 0,1 Prozent Gold eine noch deutlich erkennbare Rosafarbe. Will man einen Magnesiapurpur von bestimmtem Goldgehalt darstellen, so muss berücksichtigt werden, dass ein Teil der Magnesia als Chlorid in Lösung geht und dem entsprechend mehr Magnesia ursprünglich anzuwenden ist. Bei der Darstellung ist ferner zu beachten, dass 1) die goldoxydhaltige Magnesia vor dem Glühen durch Auswaschen sorgfältig von allen Chlorverbindungen befreit sein muss und dass 2) das Glühen bei nicht zu hoher Temperatur und nicht zu lange vorgenommen werden darf, da sich sonst das fein verteilte Gold zu kompakteren Massen zusammenzieht und die Farbe verschwindet. Der Magnesiapurpur ist an Intensität der Färbung dem Zinnpurpur überlegen; zur Herstellung von Schmelzfarben hat er sich bereits gut bewährt. Aehnliche, jedoch schwächer gefärbte Purpure wurden mit Kalk und Baryt erhalten. Indifferente, nicht basische Körper lassen sich mit einer dünnen Schicht metallischen Goldes überziehen, indem man die-

---

*) Dingler 181, 129.

**) Chemisch-technischer Central-Anzeiger 1885, p. 309.

selben in einer verdünnten Goldlösung suspendiert und dann das Gold durch ein Reduktionsmittel niederschlägt. Als reduzierender Körper bewährte sich Traubenzucker in alkalischer Lösung am besten. Auf diesem Wege stellte M. Müller Purpure mittels Bariumsulfat, Calciumphosphat, Calciumkarbonat, Zinkoxyd, Bleioxyd, Thonerde, Zinnoxyd und weisser Seide her. Als das am prächtigsten gefärbte von allen diesen Präparaten erwies sich der Thonerdepurpur. 92,13 g Kalialaun (entsprechend $Wg\ Al_2\ O_3$) werden in Wasser gelöst, kalt mit 0,5 g Gold als Chlorid, einer Lösung von kohlensaurem Kali bis zur stark alkalischen Reaktion und etwas Traubenzuckerlösung versetzt. Erhitzt man unter fortwährendem Umschütteln, so färbt sich, wenn die Flüssigkeit dem Sieden nahe ist, der Niederschlag allmählich prachtvoll rot. Nach dem Abfiltrieren, Auswaschen, Trocknen und Glühen resultiert ein Purpur, der an Schönheit der Farbe dem Magnesiapurpur noch überlegen ist. Thonerdepurpur ist bei 0,03 Prozent Goldgehalt noch deutlich gefärbt; bei 0,1 Prozent zeigt er dieselbe Intensität, wie ein Magnesiapurpur von 0,5 Prozent Gold; bei 10 Prozent Gold besitzt der Thonerdepurpur eine sehr schöne satte Farbe. Vor den übrigen Purpurverbindungen hat er noch den Vorzug, dass die Farbe bei starkem Glühen nicht wesentlich verändert wird. Endlich hat Müller noch die dem alten Gold-Zinnpurpur entsprechende Verbindung hergestellt. Zinnchloridlösung wurde mit Kaliumkarbonat im geringen Ueberschuss, Goldchlorid und Traubenzucker versetzt und erhitzt. Auf diesem Wege ist es möglich, was nach dem alten Verfahren nicht zu erreichen war, Purpure von bestimmtem Goldgehalt mit Sicherheit herzustellen. Von den vom Verfasser dargestellten Stoffen dürfte der Thonerdegoldpurpur dazu berufen sein, in der Fabrikation der Schmelzfarben den Zinnpurpur zu verdrängen.

Von dem auf die eine oder andere Weise erhaltenen Präparate wird 1 Teil mit 30 bis 100 Teilen Goldfluss verrieben, je nach der beabsichtigten Farbennüance, indem die erhaltenen Schmelzfarben mit steigendem Goldgehalte zarte oder intensivere schliesslich stark ins Violette ziehende Karmintöne liefern.

31) Feinen dunkeln Karmin erhält man, wenn man auf 3 Teile Gold als Goldpurpur, 4 Teile Chlorsilber und 130 Teile Purpurfluss anwendet. Man mengt den frisch bereiteten Purpur in noch feuchtem Zustande mit dem Chlorsilber und dem Flusse und reibt alles aufs feinste zusammen, dann probiert man die Mischung im Feuer und korrigiert sie nach dem erhaltenen Resultat. Ist die Farbe nicht glänzend genug, wird mehr Fluss zugesetzt, ist sie schmutzig, so war der Silberzusatz zu gross und es muss noch Goldpurpur und Fluss zugegeben werden. Man kann auch mit gutem Erfolg den Silberzusatz vorher mit dem Flussmittel fritten.

g) Rotbraune und braune Schmelzfarben.

Die rotbraunen und braunen Farben erhält man aus den Oxyden des Eisens, Zinks, Kobalts oder Mangans, welche mit dem Flussmittel bis zur Entstehung der gewünschten Nüance gefrittet oder geschmolzen werden.

32) 1 Teil rotes Eisenoxyd, erhalten durch Fällung einer schwefelsauren Eisenoxydlösung mittels Kali, ausgewaschen, getrocknet, mit 1 Teil Fluss verrieben.

33) 2 Teile Eisenoxyd, 3 Teile Braunstein, 3 Teile Fluss, geschmolzen, auf eine Eisenplatte ausgegossen, zerkleinert, gewaschen und feingerieben.

34) 1 Teil Zink, 2 Teile Eisen, jedes für sich in Salzsäure gelöst; die Lösungen mit Wasser verdünnt, miteinander vermischt, und durch kohlensaures Kali gefällt. Der Niederschlag wird gut ausgewaschen, getrocknet und mit 3 Teilen Fluss gefrittet.

Wenn man Eisenoxyd und Zinkoxyd bei Gegenwart kleinerer oder grösserer Mengen von Kobaltoxyd oder Nickeloxyd miteinander verbindet, so erhält man mehr oder weniger dunkelbraune, mehr oder weniger warme Oxyde, die sich in der Glasmalerei als sehr brauchbar erweisen und darum eine ausgedehnte Anwendung finden. Zu diesem Zwecke stellt man Braunrot, Mahagonibraun, Sepiabraun und Schwarzbraun dar.

Die folgenden Lösungen in Salzsäure, die man später zusammengiesst, stellt man jede für sich dar:

2 Aeq. Eisen (1 Aeq. Eisensesquioxyd) = 56,0 g
1 Aeq. Zink (1 Aeq. Zinkoxyd) . . = 32,6 g

welchen man noch 2 g Nickel- oder Kobaltoxyd zusetzt. Die Lösung fällt man mit kohlensaurem Natron in geringem Ueberschuss, wäscht den Niederschlag mit Wasser aus, trocknet und mengt ihn mit seinem zwei- bis dreifachen Gewichte an Kochsalz, erhitzt das Gemenge zur dunkeln Rotglut, wäscht nach dem Erkalten mit Wasser, bis dieses nichts mehr aufnimmt und trocknet. Das gewaschene Oxyd, welches die Formel Fe_2O_3 (ZnO, CoO) oder Fe_2O_3 (ZnO, NiO) hat, besitzt eine schön braunrote Farbe; bei Anwendung von Nickeloxyd besitzt dieselbe einen wärmeren Ton.

Mahagonibraun und andere braune Nüancen differieren nur durch die Menge von Kobalt- oder Nickeloxyd. Folgendes sind die Verhältnisse, nach denen man sie zusammensetzen kann.

	Mahagoni.	Sepia.	Schwarzbraun.
Eisen	56	56	56
Zink	33	33	33
Kobalt- oder Nickeloxyd	4	12	38

Letzteres (Schwarzbraun) hat die Formel Fe_2O_3, ZnO, CoO.

In diesen Präparaten wird die braune Farbe durch die Anwesenheit des Zinkoxyds nicht aufgehoben; in der That erhält man durch Eisen und Zink allein die Nüancen, die man Braungelb nennt.

Diese Oxyde bedürfen zu ihrer Darstellung viel Zeit und einer minutiösen Sorgfalt, woher es auch kommt, dass ihr Preis weit höher ist als der der gewöhnlichen Malerfarben. Auch beschränkt man sich im allgemeinen und besonders beim Schattieren des in der Masse gefärbten Glases auf die Anwendung von reinem Eisenbraun.

35) 4 Teile Eisen, 3 Teile Manganoxyd, in Salzsäure gelöst, überhaupt ebenso behandelt wie in Nr. 34 mit 6 Teilen Kristallglas geschmolzen.

36) Nach demselben Prinzip wie in Nr. 34, behandelt man die Lösungen von 1 Teil Kobaltoxyd, 1 Teil Manganoxyd in der Wärme, von 1 Teil Eisen in der Kälte, d. h. man fällt sie nach ihrer Vermischung durch kohlensaures Kali, wäscht den Niederschlag aus, trocknet und mengt ihn mit 3 Teilen Fluss.

h) Violette Schmelzfarben.

37) Man schmilzt 1 Teil Braunstein mit 6 Teilen Fluss Nr. 2; oder mit 6 Teilen böhmischem Glase und 1 Teil Salpeter.

38) 1 Teil Braunstein, 1 Teil Schmalte, 1 Teil Salpeter und 6 Teile böhmisches Glas, geschmolzen, abgeschreckt und zerrieben.

Es lag nicht in unserer Absicht, an dieser Stelle die Schmelzfarben erschöpfend zu behandeln; nur einige der wichtigsten sind daher mitgeteilt worden*). Welche von den besprochenen Farben in die Klasse der eigentlichen Emailfarben, welche in diejenige der farbigen Emails gehören, ergibt sich aus der Darstellungsweise selbst, ob dieselben nämlich mit dem Flussmittel nur zusammengerieben oder gefrittet werden, oder ob sie mit demselben geschmolzen wurden. Im übrigen kann jedes farbige Glas, sobald es durch genügenden Bleigehalt leichtflüssig genug ist als ein farbiges Email angesehen werden. Man erhält aus diesen die farbigen Opemails einfach durch Zusammenschmelzen mit etwa $^1/_{10}$ ihres Gewichts Zinnoxyd.

i) Metall- und Metalllüsterfarben.

Zu Metallfarben lassen sich, wie bereits hervorgehoben, nur die edeln Metalle Gold, Silber und Platin verwenden und zwar müssen dieselben um ebenso, wie die Emailfarben mit dem Pinsel behandelt werden zu können, in ein fühlbares Pulver verwendet werden. Man erhält dieses Pulver, wenn man aus den Auflösungen der Metalle diese auf eine passende Art fällt und dann das erhaltene trockene Pulver mit dem sogenannten Metallflusse, dessen Zusammensetzung wir weiter unten angeben werden, vermischt.

Das Goldpulver erhält man durch Fällung einer Goldchloridlösung mit Eisenvitriol, salpetersaurem Quecksilberoxydul oder mit Oxalsäure. Den auf die eine oder andere Weise gewonnenen Niederschlag wäscht man gut aus und trocknet ihn auf dem Wasserbade. Schüppchen von zusammengebacknem Gold, welche sich häufig bilden und später beim Malen sehr hinderlich sein würden, entfernt man durch Zerdrücken des Pulvers auf einem sehr feinen Seidensiebe. Das mit Eisenvitriol gefällte Gold ist sehr dicht, daher für solche Malereien, welche einer starken Abnutzung ausgesetzt sind, allerdings sehr zu empfehlen, sei-

*) Ausführliches über Fabrikation und Behandlung der Schmelzfarben, sowie über die gesammte Technik und Glasmalerei in: Strele-Tscheuschner, Porzellan- und Glasmalerei. Weimar 1883.

ner Kostspieligkeit wegen für geringere Dekorationen kaum verwendbar. Vorteilhafter in dieser Beziehung ist das mit salpetersaurem Quecksilberoxydul gefällte Gold, das viel voluminöser und ausgiebiger ist, gleichzeitig aber auch infolge wechselnder dem Niederschlage beigemengter Anteile von Quecksilberchlorür in seiner Anwendung wenig Sicherheit bietet. Aus diesem Grunde ist die Fällung mit Oxalsäure vorzuziehen, da sie das Gold sehr rein und äusserst fein zerteilt liefert. Die Feinheit des Niederschlags wird noch erhöht, wenn man die Goldchloridlösung zunächst durch Zusatz von kohlensaurem Kali in eine Kaliumgoldchloridlösung überführt und die Fällung erst vornimmt, wenn die Flüssigkeiten vollständig erkaltet sind.

Das Silber wird teils durch metallisches Kupfer metallisch, ferner noch durch kohlensaures Natron als kohlensaures Silberoxyd gefällt, welches beim Einbrennen sofort in metallisches Silber übergeht. Platinpulver erhält man endlich, indem man eine Platinchloridlösung mit Salmiak als Platinsalmiak fällt, das erhaltene gelbe Pulver mit Kochsalz zusammenreibt, glüht, bis keine Dämpfe mehr entweichen und die aus äusserst fein zerteiltem Platin bestehende schwammige, sehr poröse Masse, nachdem man das Kochsalz durch siedendes Wasser wieder ausgezogen, trocknet und zerreibt.

Gold, Silber und Platin kommen auch als sogenannte Muschelmetalle, gewonnen durch mechanische Verteilung der Blattmetalle, hier und da in Anwendung. Diese liefern zwar eine sehr schöne, aber sehr kostspielige Arbeit.

Den zur Befestigung der Metalle dienenden Metallfluss erhält man, wenn man aus einer Lösung von salpetersaurem Wismutoxyd das basisch-salpetersaure Wismutoxyd (*Magisterium Bismuthi*) durch Zusatz einer grösseren Wassermenge abscheidet. Das betreffende Wismutsalz muss aber vollständig rein, namentlich frei von Nickel und Kupfer sein, da schon $^1/_{1000}$ des letzteren eine schöne Mattvergoldung nicht würde aufkommen lassen. Dem getrockneten Niederschlage setzt man etwa $^1/_{12}$ Boraxglas zu und nimmt 6 bis 10 Teile dieser Mischung auf 100 Teile Metall.

Diese Gemenge werden gerade wie die Farben mit Terpentin- oder Dicköl recht fein gerieben, mit dem Pinsel aufgetragen, nach dem Trocknen bei möglichst hoher Temperatur eingebrannt und schliesslich, weil sie matt aus der Muffel kommen, mit dem Polierstein poliert.

Die Glanzmetalle sind, wie erwähnt, Präparate, welche die Metalle in ihrem vollen Glanze aus der Muffel hervorgehen lassen, so dass jene keines besondern Polierens bedürfen. Da die bei ihrer Anwendung erhaltene Goldschicht gleichzeitig sehr dünn ist, so liefern sie sehr billige aber auch sehr wenig dauerhafte Arbeiten.

Das Glanzgold wurde zuerst in der Porzellanfabrik zu Meissen erfunden, dort aber als strenges Geheimnis behandelt bis Dutertre in Paris den Weg vorzeichnete, auf welchem das Präparat gewonnen werden könne, wenn es ihm auch nicht gelang, dasselbe in tadelloser Qualität zu erzeugen. Nach Schwarz erhält man ein brauchbares Produkt, indem man 1 Teil reines Gold in Königswasser löst, die Lösung im Wasserbade bis zur Konsistenz eines Oeles einengt, diesem 8 bis 9 Teile einer Mischung von gleichen Teilen Lavendelöl und Schwe-

felbalsam, den man durch längeres Kochen von 50 g teilweise verharzten Terpentinöls mit 10 g Schwefel bereitete, zufügt und alles innig zusammenreibt, wobei sich Schwefelgold bildet, welches in dem Balsam sich auflöst, während gleichzeitig Salzsäure entweicht. Wenn die letztere nach etwa 24 stündigem Stehen gänzlich verdunstet ist, fügt man dem Präparate auf 2 Teile darin enthaltenen Goldes 1 Teil basisch-salpetersaures Wismutoxyd zu, verreibt es damit aufs innigste und lässt es durch Absetzen sich klären, welches letztere man durch Verdünnung mit einem gleichen Volumen Schwefelkohlenstoff befördert, den man nach der Klärung an einem temperierten Orte soweit abdunsten lässt, bis die Masse dünne Sirupskonsistenz erlangt hat. Glanzsilber und Glanzplatin werden in ähnlicher Weise durch Kombination der betreffenden salpetersaure Salze, resp. Chlorverbindungen mit Lavendelöl erhalten.

Die Metalllüsterfarben sind ähnliche Präparate mit weit geringerem Metallgehalt aber mit einem starken Prozentsatz eines Flussmittels; sie erzeugen demnach auf den Dekorationsobjekten eine sehr dünne Schicht durchsichtigen Glases, welche, durch minimale Mengen irgend eines Metalls gefärbt, im durchscheinenden Lichte kaum bemerkbar ist, im reflektierten aber die oben erwähnten Regenbogenfarben zeigt. Brianchon, der Erfinder dieser Lüsterfarben, schmilzt behufs ihrer Darstellung 30 Teile Kolophonium und 75 Teile Lavendelöl oder Terpentinöl mit 10 Teilen basisch salpetersaurem Wismutoxyd auf dem Sandbade unter fortwährendem Rühren zusammen. Durch Vermischung dieses Flusses mit den Glanzmetallen ähnlichen Lösungen fettsaurer Oxyde des Platins, Silbers, Palladiums, Iridiums, Antimons, Zinns, Urans, Zinks, Kobalts, Chroms, Kupfers, Eisens, Mangans, Goldes u. s. w., in Lavendelöl erhält man die eigentlichen Lüster, unter denen namentlich der mit Gold erzeugte sehr reiche Färbungen mit Perlmutterglanz liefert. So erhält man beispielsweise aus

5	Teilen	Glanzgold	auf	1	Teil Fluss	goldig-kupferfarbene Reflexe,
2	„	„	„	1	„ „	reines Rosarot,
1	„	„	„	2	„ „	goldiges Blauviolett,
1	„	„	„	4	„ „	schönes helles Blau.

Durch Zusatz des für sich allein gelbe Irisfarbe liefernden Uranpräparats lässt sich das letztgenannte Blau in allen Nüancen von Blaugrau bis Gelblichgrün erhalten.

Die Farben und Flüsse müssen äusserst fein gestossen und gemahlen werden, wozu in der Regel Mühlen aus Porzellan oder Glas dienen, welche beispielsweise entweder wie **Fig. 394a** und **b**, **Taf. XXXII**, für Handbetrieb oder wie **Fig. 395**, **Taf. XXXII**, für mechanischen Antrieb eingerichtet sind, *a* ist ein cylindrisches Gefäss, dessen Boden sich in der Mitte *c* etwas erhebt, wodurch er sich zu einer kreisförmigen Rinne gestaltet, in welcher sich der Läufer bewegt. Der letztere ist ein hohler Cylinder von Glas oder Porzellan, welcher über die Bodenschale *a* vorsteht. Der obere Teil des Läufers ist eben und hat 3 Vertiefungen, in welchen die Ansatzstifte eines mit Blei beschwerten Holzdeckels eingelassen sind. Der Antrieb des Läufers geschieht entweder durch den

Handgriff h oder die Mittelachse p, in letzterem Falle von irgend einer Transmission aus.

Die feingemahlenen Farben müssen dann zunächst mit einem Bindemittel zusammengerieben werden, welches sie einerseits zum Auftragen geschickt macht, anderseits ihnen den nötigen Zusammenhang verleiht und sie auf den Dekorationsobjekten haften macht. Die Bindemittel müssen aber leicht und ohne Kohle zurückzulassen verbrennen, ehe die Farben sonst in Fluss kommen, weil sie sonst beim Einbrennen der Farben auf die in denselben enthaltenen Metalloxyde reduzierend, d. h. auf die Farbe selbst ändernd wirken würden. Solche Flüssigkeiten sind das Terpentinöl, das Lavendelöl und das Wasser, von denen das letztere mit Kandiszucker, Borax oder auch wohl Gummi, die ersteren mit den aus den Oelen selbst gewonnenen sogenannten Dickölen versetzt werden.

Die Dicköle sind durch Oxydation des Terpentin- und Lavendelöls entstanden; man gewinnt sie, indem man die rektifizierten Oele in flachen Schalen längere Zeit der Einwirkung von Luft und Licht aussetzt, wobei dieselben, an Volumen verlierend, sich verdicken. Starke Sirupskonsistenz ist für den vorliegenden Zweck die geeignetste.

Die auf irgend eine der später zu besprechenden Methoden aufgetragenen Farben werden dann zunächst behufs des Trocknens in einer warmen Muffel oder einem besonderen mit einer Feuerung versehenen Trockenschranke **Fig. 396, Taf. XXXII**, abgeraucht, um endlich eingebrannt zu werden.

Das Auftragen selbst geschieht mittels des Pinsels, des Tupfballens oder des Wischers; bald auch werden aus einem gleichmässig auf das Glas aufgetragenen Grunde gewisse Verzierungen ausradiert, ebenso werden die Farben mittels Klischees oder auf dem Wege des lithographischen Umdrucks und selbst des Lichtdrucks auf das Glas gebracht.

Mittels des Umdrucks können die kompliziertesten Zeichnungen und selbst Chromolithographien in unbegrenzter Zahl und in verhältnismässig kurzer Zeit auf das Glas übertragen werden.

Die hauptsächlichste Anwendung findet diese Verzierungsmethode zur Herstellung von Grisailleteppichen und von musivisch farbigen, schwarz gemusterten Bordüren. Auch kleine Medaillons in Kupferstichmanier, Portraits, Landschaften fertigt man auf diese Weise und man erzielt noch besondere Effekte dadurch, dass man sie in Aussparungen auf Grisaillegrund oder auf Musselinglas überträgt. Die umgekehrte Wirkung erhält man durch den sogenannten Weissdruck, indem man die Lichter irgend eines Bildes mit weisser Schmelzfarbe auf blankes Glas druckt, welches letztere gegen die mattweissen Dessins dunkel erscheint und die Schatten liefert. Ebenso druckt man mit blauen, roten und grünen Schmelzfarben, ja selbst mit Lasurgelb, wobei das letztere entweder für sich allein zur Erzeugung goldfarbiger Verzierungen angewendet wird oder in Verbindung mit anderseitig aufgedrucktem Blau zur Hervorbringung grüner Nüancen.

Das höchste endlich, was der Schmelzdruck auf Glas zu leisten vermag, ist der mosaizierte Bilddruck, dessen Herstellungsweise von Dr. Oidtmann folgendermassen beschrieben wird.

Auf einem grossen Lithographiesteine steht die Zeichnung eines Glasthürflügels, z. B. das circa 65 cm hohe, statuarische Bild eines Helden der Nibelungen auf Damastgrund und von schmalen Börtchen eingefasst. Auf dieser Steinzeichnung sind alle Bleikonturen des Glasschnittes, möglichst mit den tiefen Schatten zusammenfallend, durch strohhalmbreite Linien angegeben. Zunächst wird von diesem Stein ein Abdruck auf dickes (Schablonen) Papier gemacht. Dieser Papierabdruck wird in der Glaserei mit der Schere, den Bleikonturen entlang, aber mit Aussparung des Bleikernes so zerschnitten, wie etwa vom Kleidermacher das Tuch zu einem Rock nach den Nahtkonturen der Patronenzeichnung auseinander geschnitten wird, nur mit dem Unterschiede, dass der Schneider das Tuch in den Nahtlinien breiter randen, sich decken lassen, der Kunstglaser dagegen, wie gesagt, zwischen den Patronenrändern einen Raum für die Bleinaht wegsäumen muss. Auf diese Kartonschablönchen werden nun die entsprechenden Lokalfarben mit Worten aufgeschrieben, z. B. für die Schablonen des Gesichts und der Hände „Fleischton", für die des Wams „grüne Samtfarbe", des Mantels „hellrubinrot", des Baretts „blau", des Bandeliers „hellgoldig" u. s. w.

Unter diesen signierten Schablonen werden die farbigen Gläser mit dem Diamant exakt ausgeschnitten. Wenn die Ausmalung dieser Glasstücke mit dem Pinsel geschehen soll, dann werden diese farbigen Lappen provisorisch zu einem Gerüste von Lokalglastinten zusammengebleiet und auf einer Staffelei transparent gegen eine grosse matte Glastafel als Hinterlage zum Malen aufgestellt. Beim Mosaikdruck dagegen fällt das provisorische Verbleien weg; das zerschnittene Glasbild wird in Stücken direkt zum Druck gebracht.

Inzwischen sind nämlich Abdrücke des Bildsteins auf durchscheinendem Seidenpapier angefertigt worden, und wird ein solcher Abdruck mit der Gesichtsseite auf die Tischplatte aufgeklebt, auf welcher die Abdrücke auf die Gläser übergewalzt werden sollen. Auf die entsprechenden Partien dieses durchscheinenden Papierdrucks werden die farbigen Glasstücke kongruent und genau zwischen die Linien des Bleikonturs aufgelegt, so dass z. B. die ausgeschnittenen fleischfarbigen Glasstücke auf Gesicht und Hände, die entsprechenden samtgrünen und roten Gläser auf Wams und Mantel zu liegen kommen. — Unterdes macht der Drucker mit schwarzer Schmelzfarbe fette Abzüge der Steinzeichnung auf präpariertes Abziehpapier. Einer dieser Abzüge wird jedesmal mit der Farbseite wieder kongruent auf die über der Tischplatte ausgebreiteten farbigen Glasschnitzel und Lappen so angeschmiegt, dass eine darüber weggeführte, feuchte Walze die schmelzschwarze Zeichnung von dem Ueberziehpapier ab-, auf die Glasplatten überstösst. Nach Aufheben des gefeuchteten Papiers stehen auf diesem nur noch die Bleikonturen, die Bildzeichnung selbst ist ganz und gar auf die bunten Glasflächen übergegangen. Nunmehr wird auf allen diesen bedruckten Glaslappen die aufgedruckte Zeichnung durch Bronzierung, d. h. durch Einstäuben mit trocknem Schmelzfarbenpulver, auf ihr Mehrfaches verstärkt, blank geputzt und, wenn wünschenswert, an der Staffelei durch Uebermalen, Ausradieren, Betupfen u. s. w. beliebig noch vervollkommnet. Der Druck ist übrigens so vollkommen, dass

die Glaslappen ohne jede weitere Staffeleiretouche direkt in den Schmelzofen zum Einbrennen kommen und selbst eines Uebermalens nach dem Brennen und eines zweiten Brandes entraten können. — Nach dem Einbrennen können die Stücke ohne weiteres zum Verbleien in die Kunstglaserei geschafft werden, und das enkaustische, gedruckte Mosaikglasgemälde ist fertig.

Was endlich den Lichtdruck anbetrifft, so beruht derselbe auf der Eigenschaft der mit chromsaurem Kali versetzten Gelatine, durch Einwirkung des Lichts ihre Löslichkeit, resp. ihre Klebrigkeit zu verlieren. Die Glasplatte wird mit einer Mischung aus

100	Teilen	Wasser,
15	„	Zucker,
5	„	Gummi oder Gelatine,
6	„	chromsaurem Kali oder Ammoniak,
5	„	Glycerin

übergossen, bei 30 bis 50° getrocknet und unter einem photographischen Positiv, einem geölten Kupferstich oder dergl. im Kopierrahmen belichtet und dann das Bild durch Bronzierung recht stark, womöglich reliefartig entwickelt, wobei man indessen wohl darauf zu achten hat, dass nicht ein Uebermass der Bestäubung auch die hellen Lichter abdunkle und fleckig mache. Schliesslich wird das Bild eingebrannt.

Derartige Lichtdrucke lassen sich nachträglich auf der Staffelei kolorieren, ja zu vollständigen Kabinettsbildern ausmalen; geschieht dies noch vor dem ersten Aufbrennen des Drucks, so lassen sich aus letzterem mit Leichtigkeit auch noch hier und da Lichter ausradieren.

Auch an Versuchen, polychrome Lichtdrucke auf Glas einzubrennen, hat man es nicht fehlen lassen. Das Verfahren, welches man bei diesen verfolgte, bestand darin, dass man schwarze Abzüge der einzelnen Farbplatten von Oeldruckbildern, auf dünnem Papier ausgeführt und in der eben beschriebenen Weise transparent gemacht, successive als Matrizen in Anwendung brachte und die jeweilig beschatteten Partien mit dem entsprechenden Schmelzfarbenpulver bronzierte. Bisher nicht zu überwindenden Schwierigkeiten begegnete man hierbei jedoch insofern, als gewisse Farben durch den Chromgehalt der Gelatineschicht beim Einbrennen zu sehr beeinträchtigt wurden.

Eine eigenartige auf der Anwendung von Schmelzfarben beruhende, daher in das Gebiet der Glasmalerei gehörende Dekorierung des Tafelglases ist die Erzeugung des Matt-, Musselin- und Tüllglases, welche jedoch gegen den Tilghmannschen Blaseprozess und das Mattätzverfahren immer mehr Terrain verliert.

Das Mattglas erhält man durch Ueberziehen der ganzen Glasfläche mit einem in Gummiwasser abgeriebenen weissen Email. Es ist wesentlich, sich zuvor von der richtigen Beschaffenheit dieses letzteren zu überzeugen, indem man eine Schicht davon auf eine Glastafel ausbreitet. Wenn man nach dem Trocknen mit der Nadel scharfe Striche machen kann, ohne dass sich die Farbe abblättert, so waren die gegenseitigen Verhältnisse richtig.

Um die zuvor gereinigte Glasplatte mit einer dünnen Schicht gleichmässig zu überziehen, legt man dieselbe auf vier Stücke vierkan-

tiges Holz von 10 bis 20 cm Stärke und breitet mittels vier Pinsel, von welchen man sich bei jeder folgenden Operation, bei der sich die Striche mit denen der vorhergehenden kreuzen, eines jeden nur einmal bedient, die Farbe recht gleichmässig aus. Dieses Ueberstreichen darf nicht zu langsam geschehen, weil die Feuchtigkeit in dem Verhältnis, als die Schicht nach jedem Pinselstrich dünner wird, sofort verdunstet. Man stellt alsdann die Tafel in ein Fach und lässt sie hier trocknen.

Statt des Ueberziehens mit dem Pinsel kann man auch eine sehr flüssige Farbe anwenden und dieselbe auf der Oberfläche der Glasfläche ausrinnen lassen, wobei es natürlich notwendig ist, dass die Glastafel beim Eintrocknen der Farbe horizontal gelegt wird.

Auch kann man die Oberfläche mit einem Beizfirnis überziehen und überstupfen und dann auf den klebrigen Ueberzug die weisse Emailfarbe mit einem feinen Siebe aufstauben. Nach ungefähr sechs oder acht Stunden, wenn der Ueberzug hinreichend trocken geworden ist, entfernt man das nicht haftende Pulver mit einem Dachspinsel. Um in diesem Falle das Dessin hervorzubringen, welches aus den durchsichtigen und durchscheinenden Stellen des Glases entsteht, gibt man unter das Glas die Zeichnung desselben, befestigt dieselbe und nimmt mit einem Holzschaber die Farbe an den durchsichtig erscheinenden Stellen des Glases weg.

Bei den Ueberzügen mit Gummifarbe kann man sich einer von schnellerem Erfolge begleiteten Methode bedienen, nämlich jener mit Schablonen. Die letzteren sind von Messing und enthalten die Lichter ausgeschnitten. Diese Schablonen lassen sich leicht anfertigen, indem man dünngewalztes Messingblech mit Asphalt überzieht, den Anstrich trocknen lässt und in diesem mittels einer Nadel das Metall nach der Zeichnung blosslegt. Man umgibt die Platte mit einem Rande von Wachs oder Pech und übergiesst sie dann in horizontaler Lage mit nicht zu starker Salpetersäure, die das Metall an den blossgelegten Stellen auflöst, so dass die Zeichnung durchbrochen zum Vorschein kommt. Man spült alsdann die Platte mit Wasser ab und entfernt den Asphalt mit Terpentinöl.

Die Schablone legt man auf den weissen Untergrund und reibt mit einer kleinen Bürste von Schweinshaaren darüber, bis auf den ausgeschnittenen Stellen alles Email entfernt ist, so dass die Zeichnung auf dem Glase durchsichtig erscheint.

Um sich auch bei den mit einem Beizgrunde gemachten Ueberzügen der Schablonen bedienen zu können, könnte man vor dem Auftragen des Grundes dieselben Schablonen verwenden und mit ihnen die bekannten Reservagen auftragen, und nachdem dieselben trocken geworden sind, erst den Grund geben.

Wenn man das Musselinglas reicher dekorieren will, so legt man die Platte, statt sie zu brennen, in einen Staubkasten. Ein solcher Kasten ist viereckig, von weichem Holz, dessen innere Wände recht glatt sind. Er ist so gross, dass die grösste zu behandelnde Glasplatte darin Platz hat. Er ist 25 cm hoch und mit einer in einem Rahmen eingefassten und in Scharnierbändern beweglichen Glastafel bedeckt. In der Mitte der vordern Seite und etwas über dem Boden befindet sich ein rundes Loch, durch welches ein in dem Kasten liegender Feder-

wisch herausreicht. Vier Stücke Holz von gleicher Höhe auf dem Boden dienen dem zu färbenden Glase als Unterlage. In der Mitte des Bodens steht die zuvor mit Gummiwasser angeriebene, wieder getrocknete und zu feinem Staube zerriebene Farbe.

Will man nun auch die bereits mit der Schablone behandelte Platte noch mit dicker gehaltenen Lagen oder mit andern Farben verzieren, so legt man dieselbe in einen solchen Kasten, bedeckt sie mit einem Papierblatte, in dem die Stellen, welche im Glase mit Farbe bedeckt werden sollen, ausgeschnitten sind, und beschwert es an mehreren Stellen mit Bleiplatten. Hierauf verschliesst man den Kasten mit einem Glasdeckel, nimmt den aus dem Loche über dem Boden hervorragenden Stiel des Federwischers zwischen die Flächen der beiden Hände und erteilt ihm mittels dieser eine rotierende Bewegung. Der unter der Platte liegende Farbenstaub wird dadurch aufgewirbelt, steigt zwischen den Rändern der Glastafel und den Wänden des Kastens in die Höhe und füllt den Raum zwischen der mit dem ausgeschnittenen Papier bedeckten Glasplatte und dem Glasdeckel mit feinem Staube aus. Ein Blick durch das Deckelfenster zeigt, ob man die Bewegung des Federwischers fortsetzen oder unterbrechen soll. Hört man mit der Bewegung des Federwischers auf, so setzt sich die Farbe allmählich auf dem Papierblatte ab und bedeckt nur diejenigen Stellen der Glastafel, wo das Papier ausgeschnitten war. Nun öffnet man vorsichtig den Kasten, nimmt zuerst, ohne Staub zu erregen, die beschwerenden Bleiplatten und dann das Papierblatt weg, nimmt dann die Glastafel heraus, deren untere Fläche man von dem anhängenden Farbenstaub befreit und legt sie in einen ähnlichen Kasten, in den man aber, um die das Glas bedeckende und die Farbe festhaltende Gummischicht zu erweichen und die Adhärierung des Farbenstaubes zu befördern, etwas Wasserdampf eintreten lässt. Damit sich dadurch das Gummi leichter erweicht, ist es daher in diesem Falle gut, demselben vor der Vermischung mit der Farbe etwas Honig zuzusetzen.

Will man dieses Verfahren mit mehreren Farben anwenden, so braucht man für jede Farbe einen besonderen Farbenkasten. Auch ist es rätlich bei Zeichnungen mit mehreren Farbenlagen dieselben öfter einzubrennen, dann muss aber nach dem Einbrennen die Glastafel mit einer Schicht mit Honig versetztem Gummiwasser überzogen und getrocknet werden, ehe man neue Farbe aufstaubt.

An diese Dekorationsmethoden des Glases reihen sich noch einige andere, deren hier kurze Erwähnung geschehen möge.

Man begegnet hier und da Glastafeln, denen mittels eines weissen, opaken Emails eisblumenartige Verzierungen aufgeschmolzen sind. Solche Scheiben, welche seiner Zeit unter anderm auch von der Glasfabrik von Schall in Offenburg erzeugt wurden, erhält man nach Böttger*) folgendermassen. Man übersiebt gewöhnliche Glasscheiben mittels eines feinen Haarsiebes mit einer äusserst dünnen Schicht eines leichtflüssigen Emailpulvers und bringt sie dann auf einer starken Eisenplatte, deren Temperatur auf etwa — 8° C. erniedrigt ist, in einen mit Wasserdämpfen gesättigten Raum. Es kondensieren sich hier die Wasser-

*) Jahresbericht des physik. Vereins, Frankfurt a.M., 1864—65, p. 4.

dämpfe auf den Scheiben und bilden beim Gefrieren die gewöhnlichen Eisblumen; zugleich wird hierbei durch das Kristallisieren das zarte Emailpulver mechanisch mit fortgerissen, und nimmt so ebenfalls die Gestalt der Eisblumen an. Die Scheiben werden schliesslich, nachdem sie vorher vorsichtig getrocknet und angewärmt wurden, in eine glühende Muffel gebracht und das Email eingebrannt. Selbstredend kann man mehr oder weniger durchsichtiges oder gefärbtes Email dazu verwenden, und auf diese Weise eine ganze Reihe von Variationen erzielen.

Ein eigentümliches Verfahren, Glasgefässe aller Art, besonders aber Glastafeln zu verzieren, resp. mit einem kristallinischen Ueberzuge zu versehen, ist zunächst von Fr. Kuhlmann in der Idee angegeben, später aber von Böttger vervollkommnet und in der Technik anwendbar gemacht worden.

Obgleich dies Verfahren nicht in das Gebiet der Glasmalerei gehört, sei es hier in der Kürze mitgeteilt.

Angenommen es handle sich darum, irgend einen Gegenstand auf diese Weise zu verzieren, so löst man zunächst in einer bei der mittleren Temperatur gesättigten Lösung von Zinkvitriol, Bittersalz u. s. w. eine entsprechende Menge Dextrin auf, filtriert das Gemisch durch weisses Fliesspapier, streicht das Filtrat mittels eines breiten Pinsels z. B. auf einer Glastafel gleichmässig dünn auf und lässt dieselbe bei gewöhnlicher Temperatur etwa $^1/_4$ Stunde lang in horizontaler Lage stehen. Bei der langsam erfolgenden Verdampfung des Wassers entstehen während dieser kurzen Zeit allmählich auf der Glastafel prachtvolle, den Eisblumen von gefrorenen Fensterscheiben täuschend ähnliche Kristallgruppen, die dem Glase so fest anhaften, dass sie eine starke Reibung vertragen, übrigens aber auch durch nachfolgendes Bestreichen mit einer alkoholischen Lösung von gebleichtem Schellack dauernd fixiert werden können. Einen besonders schönen Effekt geben bei durchfallendem Lichte farbige Glasscheiben. Für Räume, die geheizt werden und an deren Fensterscheiben sich infolge hiervon Wasser verdichtet, eignen sich derartige Verzierungen nicht, wohl aber bilden sie für Korridore, offene Galerien, Veranden u. dergl., denen man häufig das Licht durch verschiedenfarbige Scheiben gibt, einen überaus schönen Schmuck.

Die nach irgend einer der besprochenen Methoden dekorierten Gläser müssen vor dem Einbrennen einem ebenso vollkommenen wie vorsichtig geleiteten Trocknen unterworfen werden, was, namentlich bei der Verwendung von Oelfarben in höherer Temperatur zu geschehen pflegt. Man bedient sich hierzu zweckmässig des in **Fig. 396, Taf. XXXII**, abgebildeten Trockenschranks, welcher über einer aus Ziegelsteinen gemauerten, mit einer gusseisernen Platte abgedeckten Feuerung gleichfalls aus Ziegelsteinen aufgeführt wird und an seiner vorderen Seite verschliessbare Thüren erhält, während im Innern etagenförmig übereinander angeordnete Drahthorden sich befinden, welche den zu trocknenden Gegenständen als Unterlage dienen, ohne die freie Zirkulation der erwärmten Luft zu beeinträchtigen.

Das Einbrennen der Farben erfolgt, indem man das bemalte Glas, geschützt von Gasen, Dämpfen und Rauch, bis zu der für das vollkommene Schmelzen der verglasbaren Farben erforderlichen Temperatur er-

hitzt. Dieser Hitzgrad liegt zwischen Rotbraun und Kirschrot; letzteres darf niemals überschritten werden, weil sonst zu befürchten steht, dass das Glas erweicht oder die nur gefritteten Emailfarben in Fluss geraten.

Ausgeführt wird das Einbrennen in den sogenannten Muffelöfen.

Muffel nennt man einen grossen Kasten von Gusseisen oder gebranntem Thon, **Fig. 397, Taf. XXXII,** der auf allen Seiten geschlossen ist, mit Ausnahme der vordern Seite, die mittels einer Platte, die genau in Falze der vordern Kanten des Kastens eingreift, abgeschlossen werden kann. In der Mitte dieses Verschlusses ist ein langes, am Ende durch ein Glas verschlossenes Rohr eingefügt, durch welches man den Hitzgrad im Innern der Muffel beobachten kann; in der Decke der Muffel befindet sich ebenfalls ein langes offenes Rohr, welches den während des Brennens sich entwickelnden Dämpfen zum Ausgang dient, und durch das Gewölbe des Ofens geht, welcher die Muffel umschliesst.

Um die Muffel baut man den Ofen; derselbe besteht aus einem überwölbten Herde, auf den der Kasten gestellt wird, und aus drei Seitenwänden, die oben durch ein zweites Gewölbe, in dessen Mittelpunkt der Schornstein angebracht ist, geschlossen sind. — Zwischen diesem Gewölbe und den Mauern einer- und den Wänden der Muffel anderseits bleibt ein freier Raum von etwa 10 cm Weite; Füchse vom Herde kommunizieren auf vier Seiten mit diesem Raume, und eine grosse, aus drei Stücken bestehende Thonplatte bildet die vierte Mauer des Ofens; Blicklöcher gestatten das Innere der Muffel zu beobachten.

Die **Fig. 398** und **399, Taf. XXXII,** zeigen einen solchen Ofen, die erstere im Längen-, die andere im Querschnitt.

m ist die Muffel, *v* das Schauloch für die Proben.

d ist eine an der Muffel angebrachte Abzugsröhre für die in der Muffel sich bildenden Dämpfe.

p ist die Schlussplatte für die Muffel, *s s* sind die Wände und Mauern des Muffelofens, *s'* die Mauer, mit welcher die Einsatzöffnung des Muffelofens nach Beendigung des Einsatzes und vor Beginn des Brennens geschlossen wird.

a a ist der Raum, welcher zwischen den Wänden der Muffel und des Muffelofens sich befindet und in welchem die Flammen die Muffel umspielen.

h ist ein die Muffel überspannendes, mit vielen Oeffnungen *o o* durchbrochenes Gewölbe. Dieses Gewölbe wird aus einer Platte von feuerfestem Thon gemacht, entweder aus einem Stück oder aus mehreren der Quere nach zusammenstossenden Gurten.

f ist der Feuerherd, *c c c* sind über den Feuerherd gespannte Bogen als Auflager für den Muffelboden, *g* ist der Rost für das Holz, *b* die Heizöffnung, welche mit einer eisernen gefütterten Thüre verschliessbar ist.

h ist der Aschenfall, *k* der Schornstein.

Das Einsetzen der bemalten und einzubrennenden Glastafeln geschieht folgender Art: Das erste Erfordernis hierbei ist, sich eine voll-

kommene ebene Unterlage für die Platte zu schaffen, an welcher das Glas, wenn es in der Hitze weich werden würde, nicht haften bleibt.

Man legt daher die Glastafeln auf voneinander getrennte Platten, **Fig. 400, Taf. XXXII**, von feuerfestem Thon oder auch im Notfall aus Gusseisen, die eine horizontale Lage erhalten. Diese Platten legt man auf eiserne Querstäbe, von denen für jede Platte zwei angewendet werden und die man in eine Art Zahnstangen einlagert, die an den Muffeln angebracht sind, oder man trennt sie besser voneinander durch in der Muffelwand im Innern angebrachte Leisten oder durch an den vier Ecken angebrachte kleine Parallelepipede aus gebranntem Thon.

Diese Tragplatten werden mit einer Schicht in Wasser angemachter spanischer Kreide dick bestrichen, die nach dem Trocknen derselben mit einer ebenen Platte überrieben wird, oder sie werden mit einer Lage an der Luft zerfallenem, gelöschten Kalk, frischgebrannter Kreide oder Knochenmehl übersiebt. Auf diese Unterlagen legt man entweder eine grössere bemalte Glastafel oder mehrere kleine, so dass die ganze Fläche bedeckt wird, jedoch so, dass die Ränder der einzelnen Platten sich nicht berühren, und dass in den Ecken und allenfalls auch an den Seiten ein freier Raum für die kleinen Stützen übrig bleibt. Ist die ganze Muffel gefüllt, so wird die Muffel und der Ofen, wie bereits angegeben, verschlossen.

Das Beschicken mit bemaltem Glas beginnt auf der untersten Platte. Da die gelbe Farbe mit Silberoxyd sehr flüchtig ist, so dringt sie in die ihren Dämpfen ausgesetzte Fläche der Platten ein; wendete man dann bei einem folgenden Brande aus Versehen eine solche Platte um, indem man ihre untere Seite nach oben kehrte, so würde sich darauf gelegtes Glas gelb färben; man darf die Platten also niemals umwenden. Aus demselben Grunde muss man die mit Gelb zu färbenden Gläser, wenn man sie mit andern zusammen brennen will, zu oberst in die Muffel bringen.

Man kann auch mehrere, nur mit Silbergelb gemalte, Glastafeln auf einer Unterlage übereinander brennen. Man legt dann die erste Glasplatte auf die mit Kalk bestreute Bodenplatte, besiebt sie wieder mit einer dünnen Lage Kalk, legt eine zweite Reihe gemalter Glastafeln darauf und fährt so fort, bis man an die Mitte der Muffel und zwar die Oeffnung zum Ausziehen der Farbenproben gelangt, welche in 15 bis 18 cm langen und $2^1/_2$ cm breiten Glasstreifen mit Mustern der einzubrennenden Farben bestehen. Diese werden, wie die bemalten Gläser, auf eine Schicht Kalk und ebenso bestreut gelegt, jedoch so, dass sie mit einem Ende bis in die Mitte der Muffel reichen, mit dem andern Ende aber $1^1/_2$ cm aus der Probeöffnung hervorragen, um sie mit der Zange anfassen und herausziehen zu können. Hierauf fährt man mit dem Eintragen der übrigen Glastafeln und dem Kalkstreuen fort, bis die Muffel voll ist. Hat man nur eine Glastafel einzubrennen, so füllt man die Muffel, statt mit bemalten, mit gewöhnlichen Glastafeln auf die beschriebene Art und trägt die bemalte Tafel in eine der mittleren Lagen der Muffel ein, worauf man die Muffel schliesst.

Manche Glashütten, die nicht im Besitz von Muffeln sind, brennen das Musselinglas und andere Gattungen mit Erfolg in Strecköfen mit

Galerien. Das Beschicken mit bemaltem Glase beginnt auf der untern Platte; die Platten müssen recht eben sein, damit das Glas beim Erweichen sich nicht krümmt.

Da die Hitze in den verschiedenen Abteilungen verschieden ist, so muss die Erfahrung diejenigen Plätze kennen lehren, die entweder für die harten oder für die weichen Farben passen. Sobald alle Platten eingeschoben sind, verschliesst man die Muffel, lutiert die Fugen mit Thonmörtel, versetzt den Vorderteil des Ofens und zündet auf dem Herde ein schwaches Feuer an, welches man, damit die Glastafeln nicht zerspringen, nur ganz allmählich verstärkt.

Sobald man durch das Rohr wahrnimmt, dass die Muffel anfängt zu glühen, verstärkt man das Feuer, um die Hitze im Innern der Muffel schnell auf Dunkelrotglut zu steigern. Auf diesem Punkte angelangt, schürt man nicht mehr, verschliesst den Herd, die Blicklöcher, sowie auch das Rohr in der Decke der Muffel gut ab, und überlässt den Ofen der allmählichen Abkühlung.

Das Muffelinnere aber beginnt erst etwa 15 Minuten nach Löschung des Feuers an der Abkühlung teilzunehmen, da bis zu diesem Zeitpunkt seine Temperatur infolge des sogenannten Nachtreibens der Muffel, d. h. infolge fortwährender Wärmetransmission von den äusseren höher erhitzten Partien der Muffelwand nach innen noch zunimmt. Diesen Umstand hat man bei Beurteilung der Muffeltemperatur wohl zu beachten, weil dieselbe sonst infolge dieses Nachtreibens leicht zu hoch werden könnte.

Am folgenden Tage öffnet man die Blicklöcher, sowie auch das Abzugsrohr; einige Stunden darauf nimmt man auch die Vorsetzplatte vor dem Ofen hinweg und öffnet endlich am dritten Tage die Muffel, wobei man das Hinzutreten kalter Luftströme vermeiden muss.

Das Herausnehmen des Glases beginnt mit der Entleerung der obersten Platte, wobei man die zwischen den Gläsern verstreute Kreide sorgfältig sammelt, um sich ihrer bei einem nächsten Brande zu bedienen.

Die in Gelb gefärbten Gläser müssen von der daraufliegenden Substanz befreit werden, die man, weil sie noch nicht erschöpft ist, aufbewahrt; das Abstäuben geschieht mittels einer steifen Bürste, wobei die Glastafel auf einen mit Tuch bedeckten Tisch gelegt wird.

Wir müssen uns mit Rücksicht auf den uns knapp zugemessenenen Raum an dieser Stelle auf den im vorstehenden gegebenen kurzen Abriss der Glasmalerei beschränken und verweisen im übrigen auf die betreffende Fachlitteratur.

Siebzehntes Kapitel.

Gegossenes und gepresstes Glas.

Der Benutzung des Gusses als formgebenden Moments sind wir bisher nur bei der Fabrikation der gegossenen Spiegelgläser begegnet und es mag immerhin auffallend erscheinen, dass diese scheinbar zunächst sich aufdrängende Methode, dem starren, durch die Einwirkung höherer Temperatur einen dünnflüssigen Zustand annehmenden Material durch Eingiessen in Hohlformen eine bestimmte Gestalt zu geben, nicht mehr angewendet wird. Zwar ist es unzweifelhaft, dass schon die Alten mancherlei Dinge, so heilige Tiergestalten, insbesondere Käfer, die sogenannten Skarabäen, Platten, Ohrgehänge, Säulenkapitäle u. dergl. mittels des Gusses herstellten, doch scheint dies Verfahren nach dem Dahinsinken der Glasmacherkunst ganz in Vergessenheit geraten zu sein, um erst im ersten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts in England wieder aufzuleben. Seitdem ist dasselbe, namentlich in neuester Zeit, besonders in Amerika ausgebildet worden und wird dort vorzugsweise auch zur Verarbeitung des bereits früher besprochenen Kryolithglases in Anwendung gebracht. Jedenfalls mag die Aussicht, durch Benutzung geeignet gestalteter Formen dem Glase das sonst nur durch schwierige und kostspielige Arbeit zu erzielende Aussehen geschliffener Gegenstände durch den Guss in billigster Weise zu verleihen, verlockend gewesen sein; aber das in Berührung mit den Wandungen selbst hocherhitzter Formen an seiner Oberfläche alsobald in den zähflüssigen Zustand übergehende Giessmaterial war wenig geeignet, den Gliederungen jener sich anzuschmiegen und man ging daher dazu über, mit dem Giessen des Glases auch ein Pressen desselben zu verbinden, indem man mittels geeigneter Vorrichtungen einen dem Hohlraume des betreffenden Objekts entsprechend gestalteten Stempel in die die Form füllende weiche Masse einführte und diese mit Gewalt nach aussen gegen die Formwand drückte.

Eine solche Glaspressmaschine in der von Bontemps mitgeteilten einfachen Gestalt zeigt **Fig. 401a, Taf. XXXIII.** In die zuvor erhitzte, im Innern mit Wachs oder Graphit überzogene Form, welche je nach der Gestaltung des zu pressenden Gegenstandes aus einem oder mehreren Teilen besteht, wird das Glas mittels eines Schöpflöffels eingefüllt, darauf die erstere, in einem Rahmen gleitend, unter den Stempel geschoben, dieser mittels eines Hebelwerks gleichmässig und kräftig in die Glasmasse eingetrieben, nach einiger Zeit, wenn das Glas erstarrt ist, wieder aufgehoben, die Form geöffnet und das fertige Stück dem Kühlofen übergeben. Ein zweites Anwärmen der Form ist nicht erforderlich, da dieselbe während der Arbeit heiss genug bleibt, es kann im Gegenteile leicht der Fall eintreten, dass Form und Stempel zu heiss werden, so dass das Wachs verkohlt und die Schönheit der Glasoberfläche beeinträchtigt; es ist daher unter Umständen nötig, beide von Zeit zu Zeit etwas zu kühlen.

Eine vollkommenere Pressmaschine, hervorgegangen aus der Fabrik von W. Schöppe in Berlin, zeigt **Fig. 401 b, Taf. XXXIII.** Den Presstisch bildet die Deckplatte eines pyramidalen Untergestells, auf welcher zwei kannelierte viereckige Säulen sich erheben, die als Führungen für den auf und ab sich bewegenden Pressstempel dienen. Zu dem Ende tragen dieselben an ihrem obern Ende zwei Hülsen, in welchen zwei, oben an einen Kreuzkopf angreifende, Führungsstangen gleiten. In der Mitte des Kreuzkopfs sitzt eine Schraubenspindel, welche mittels zweier Muttern beliebig hoch oder tief eingestellt werden kann und an ihrem untern Ende den Pressstempel, über demselben aber eine gleichfalls mit Muttern festzustellende kreuzförmige Platte trägt. Durch vier in den Ecken dieser Platte angebrachte Löcher reichen vier an einem Ringstück sitzende Bolzen, um welche Spiralfedern gelegt sind, die ihrerseits das Ringstück von der Platte entfernt halten, deren Spannung aber durch Höher- oder Tieferstellen der Platte reguliert werden kann. Der Zweck des Ringstückes ist, beim Eintreten des Pressstempels in die Form diese oben abzuschliessen und so ein Ausspritzen des Glases aus derselben zu verhindern. Vor Beginn der Arbeit wird bei untergeschobener Form der Pressstempel genau zentriert und durch entsprechende Einstellung der ihn tragenden Schraubenspindel in seiner richtigen Höhe fixiert, ebenso auch nach der Höhe der Form die Spannung der Ringfedern reguliert.

Nach dem Anwärmen wird dann gerade soviel Glas, als für den zu pressenden Gegenstand erforderlich ist, in die Form geschöpft, die Form wird unter den Stempel geschoben und durch Niederdrücken eines an einer im Untergestell gelagerten Welle angreifenden Hebels vermittelst zweier, einerseits an auf der Welle aufsitzenden Exzentriks, anderseits an dem oberen Kreuzkopf angreifenden, Zugstangen der Pressstempel in die Form eingeführt und das Glas fertig gepresst. Die Leistungsfähigkeit einer solchen Maschine wird zu 1000 bis 1200 Stück in 10stündiger Arbeitszeit angegeben.

Auch **Fig. 401 c, Taf. XXXIII,** zeigt eine ähnliche einfachere Presse von Holzapfel & Hilgers in Berlin.

---

*) Guide de verrier, p. 595.

Ist durch die Pressmaschinen auch ein feineres Ausformen der Gegenstände ermöglicht, so eignen sich doch zu solchen Arbeiten nur verhältnismässig leicht- resp. dünnflüssige Gläser und ist daher der Bleikristall das Material *par excellence* für gepresste Gläser und früher auch wenigstens für grössere und bessere Sachen allein verwendet. Deshalb ist auch in Böhmen, für dessen harten Kalikalkkristall dies Verfahren wenig sich eignet, die Pressglasfabrikation nie sehr in Schwung gekommen, wenn man von der allerdings massenweisen Erzeugung jener unzähligen kleineren Quincaillerien absieht, die wie Knöpfe, Perlen, Schmucksachen aller Art, Messerbänkchen, Briefbeschwerern, Uhrhaltern, Thermometerständern in Säulen-, Obelisken- und Pyramidenform, überhaupt der mannigfachsten Nippes aus Glas, Lüstrebehängen u. s. w., also grösstenteils massiver, vielfach in kleineren Werkstätten mittels Zangen, **Fig. 402, Taf. XXXIII**, deren Backen *A B* eine der Gestalt des zu pressenden Gegenstandes entsprechende Hohlform darbieten, aus erweichten Glasstangen, die nicht selbst fabriziert, sondern aus grösseren Glashütten angekauft wurden, gedrückt oder gekniffen werden.

Indessen sind doch in neuerer Zeit auch Gläser mit nur geringem, ja selbst vielfach solche mit gar keinem Bleigehalt zur Verwendung gekommen. Des amerikanischen Kryolithsglases ist in dieser Beziehung schon Erwähnung gethan; indessen kommen auch Gläser anderer Komposition vor. So gibt Henrivaux*) den Satz für ein anderes amerikanisches Pressglas zu

Sand . . .	100
Soda . . .	37
Natronsalpeter	8
Kalk . . .	13
Arsenik . .	0,5
Braunstein .	0,15

an, allerdings ohne nähere Bezeichnung der daraus hergestellten Gegenstände, während ein weiteres von ihm analysiertes Pressglas, welches auf der Pariser Ausstellung von 1878 durch seine Weisse allgemeine Bewunderung erregte, aus

Kieselsäure .	70,40
Kali . . .	8,66
Natron . .	9,13
Kalk . . .	10,00
Thonerde . .	0,99
Eisenoxyd .	0,02
Manganoxyd .	0,50
	99,70

bestand, aber als Material eines Flaschenstöpsels zu der bereits erwähnten Klasse der massiven Pressgläser gehörig sich kennzeichnet.

Derselben Quelle entnehmen wir zwei andere Glassätze, welche gleichfalls das Material zu Pressgläsern, welche auf der genannten Aus-

*) a. a. O. p. 320.

stellung vertreten waren, geliefert haben sollen; es fehlt aber auch hier jede weitere Angabe über die Gattung der Gläser selbst.

Sand . . .	100	100
Ammoniak-Soda	25	33
Pottasche . .	8,5	33
Kalkstein . .	25	28
Kalcine . . .	50	115

Vielfach verwendet aber und als Ersatz der teuern Bleigläser hier ihrer verhältnismässigen Leichtflüssigkeit wegen ganz am Platz, sind die Barytgläser, welche recht eigentlich das Material zur Presskristallfabrikation abzugeben berufen scheinen. Benrath*) bespricht zwar ein solches Glas, welches ziemlich spröde sich zeigte und nach seiner zu

Kieselsäure	74,19
Schwefelsäure	0,28
Bleioxyd	0,86
Thonerde, Eisenoxyd, Mangan	0,58
Kalk	2,88
Baryt	5,16
Natron	17,02
	100,97

gefundenen Zusammensetzung wenig Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse versprach, dahingegen genügte ein Glas englischer Abkunft, dessen Analyse nur

Kieselsäure	67,1
Kali	4,2
Natron	10,3
Baryt	11,9
Kalk	5,1
Thonerde	0,3
Eisenoxyd u. Manganoxyd	1,0
	99,9

ergab, sowohl in Bezug auf äussere Gestaltung, wie auf Resistenz weit gehenden Ansprüchen. Gegenüber gewöhnlichen oder gar kalkarmen Hohlglaskompositionen haben die Barytgläser jedenfalls den Vorzug schöneren Glanzes, welches um so mehr ins Gewicht fällt, als derselbe an und für sich durch das Pressen in die Formen nicht wenig beeinträchtigt wird. Es gelingt wohl die äussere Gestaltung der Pressgläser derjenigen der geschliffenen nachzubilden, allein die Flächen erscheinen nur zu leicht runzelig und matt und die Ecken und Kanten infolge mangelhafter Auspressung abgerundet. Der erstere Uebelstand lässt sich allerdings durch Anheften des Objekts an ein Hefteisen und oberflächliches Ueberschmelzen in dem Werkloch einigermassen beseitigen; es wird jedoch durch diese Manipulation der zweite dann um so merklicher hervortreten. Häufig werden daher die gepressten Sachen einer nachträglichen mechanischen Bearbeitung durch Schliff und Politur unterworfen. Je kleiner die Flächen und je mannigfaltiger sie gruppiert sind, um so weniger

*) a. a. O. p. 476.

auffallend treten die erwähnten Mängel hervor und es eignen sich daher die Formen des sogenannten Brillantschliffs am besten für gepresste Gläser.

Anderseits sucht man durch reliefartige, auf gekörntem Grund aufgelegte, Ranken und Guirlanden, durch Guillochierungen und Verzierungen aller Art die Fehler der Oberfläche zu maskieren. Zur erleichterten Herstellung der hierzu nötigen gekörnten Formen haben neuerdings Feuerhake & Peck in Pittsburg sich ein Verfahren patentieren*) lassen, nach welchem sie die Musterung auf dem Wege der Aetzung oder mittels des Sandstrahlgebläses ausführen. Figuren, welche auf dem matten Grunde glatt sich abheben sollen, werden zunächst mit einer Farbe aus 1 Teil Rindstalg, 2 Teilen Kolophonium, 1 Teil Asphalt, $^1/_2$ Teil Lampenruss auf Abziehpapier gedruckt und dann auf die betreffenden Flächen in bekannter Weise übertragen. Alsdann wird die Zeichnung mit einem aus 1 Teil Asphalt und 1 Teil Kolophonium gemischten Pulver eingestäubt, das letztere durch Anwärmen der Form mit der Zeichnung verschmolzen und durch Wiederholen dieser Operationen die Zeichnung allmählich so verstärkt, dass sie hinreichende Widerstandsfähigkeit erhält. Soll die Körnung mittels Aetzens erzielt werden, so bedient man sich hierzu eines Gemisches aus 5 Teilen Holzessig, 1 Teil Alkohol, 1 Teil Salpetersäure oder für feinere Sachen einer Mischung von Salpeter- und Flusssäure(?). Oder endlich man bedient sich, wie schon bemerkt, des Sandstrahlgebläses, welches das Metall an den nicht durch den Deckgrund geschützten Stellen, die Körnung erzeugend, angreift, während die gedeckten Verzierungen glatt bleiben.

Ausser den bereits oben angeführten Artikeln werden vorzugsweise Bierseidel, Pokale, Weingläser, Schüsseln und Schalen aller Art in Formen gepresst, deren letztere eine mit reichem Reliefmuster auf gekörntem Grunde, nach Bontemps in **Fig. 403, Taf. XXXIII,** wiedergegeben ist, während **Fig. 404, Taf. XXXIII**, eine ähnliche Vase und **Fig. 405, Taf. XXXIII**, einen Flakon mit Brillantschliffimitation vorführt, dessen innere Höhlung selbstversändlich nur der Halsweite entsprechen kann.

An Vorschlägen, den Glasguss auch für andere namentlich auch technische Gegenstände nutzbar und gleichsam durch denselben dem Eisenguss Konkurrenz zu machen, hat es nicht gefehlt. Namentlich Warren**) beschäftigte sich sehr eingehend mit einer derartigen Verwendung des Glases und wollte insbesondere Wasserleitungsröhren aus demselben herstellen, indem er den Vorschlag machte, den Guss nicht mittels Ausschöpfens, sondern durch direkten Abstich zu bewirken und die Formen mit zusammenlegbaren Kernen zu versehen, um das Entfernen der letzteren nach dem Gusse zu erleichtern.

Fig. 406, Taf. XXXIII, zeigt den Ofen mit einem Hafen im Vertikalschnitt. Vor dem Ofen steht auf einem Wagen die Form zu einem Glascylinder oder einer gläsernen Röhre zur Aufnahme des flüssigen Glases bereit. Der Hafen *A* kann die jetzt gebräuchliche Form haben und auch wie gewöhnlich in dem Ofen *B* angebracht sein, es sind indessen in der Wand *D* des Ofens Oeffnungen *C* angebracht, damit die

---

*) Auch in Deutschland patentiert unter Nr. 9639.
**) Dingler, 143. 34.

Glasmasse aus dem mit einem Abstich versehenen Hafen mittels der Vorlage *E* in die Form *F* gelangen kann. Die Abstichöffnung ist während des Schmelzprozesses, wenn nicht gegossen wird, mit einem Thonpfropf verschlossen. Die Vorlage oder der Ausguss *E* tritt möglichst weit von der Ofenwand heraus, so dass die auf dem Wagen *G* stehende Form *F* gehörig darunter geschoben werden kann. Der Mantel der Form besteht wenigstens aus zwei Stücken, die mittels des Griffe *H* auseinander genommen und auch miteinander verbunden werden können, während der Kern zusammenlegbar ist und in den Mantel hineingestellt wird.

Soll Tafelglas gegossen werden, so braucht der Ausguss nicht weit von dem Ofen abzustehen, sondern kann kurz sein, wenn er nur hinreicht das geschmolzene Glas auf die Platte zu giessen, welche als Form für das Tafelglas dient.

Der zusammenlegbare Kern der Form ist in **Fig. 407** und **408, Taf. XXXIII**, in senkrechtem Durchschnitt und im Grundriss dargestellt; er besteht aus einer vertikalen Spindel *A*, die an der Fussplatte *B*, auf der die Form steht, in eine Vertiefung tritt. An derselben sind radiale Arme *C* angebracht und an diesen ein segmentales Metallstück *D*, welches einen Teil der Kernoberfläche bildet. Zu beiden Seiten dieses Segments sind zwei andere gleiche Segmente *E* und *F* mittels Haspen oder auf eine andere Weise so verbunden, dass sie leicht auseinander gelegt werden können; diese drei Segmente bilden den grössten Teil der Kernoberfläche und es ist auch ein viertes Segment *G* vorhanden, welches schmäler als die übrigen, nur an einer Seite an eines von den Segmenten *E* oder *F* angehängt ist. Die aneinander stossenden Kanten von *E* und *G* sind abgeschrägt, so dass das Segment *G* nach innen zu aufgeklappt werden kann. *G* ist mittels eines Gelenkes mit einem gabelförmigen Hebel *I* verbunden, diese Gabel greift über die zentrale Spindel *A* und ist mit derselben durch einen, durch die Mitte der letztern und durch das Ende der erstern gehenden Stift verbunden. Der Hebel *I* tritt über den obern Rand der Form hervor, und indem man ihn aufzieht oder niederdrückt, wird das schmale Segment *G* entweder gegen das Segment *E* angedrückt oder von demselben abgezogen. Durch Zurückziehen von *G* lassen sich *E* und *F* zusammenlegen, so dass auf diese Weise die ganze Kernstange aus der Röhre oder einem ähnlichen Gegenstande herausgezogen werden kann. Wenn der Kern in die Form eingesetzt wurde, so werden die Segmente auseinander gelegt und treten alsdann gegen einen hervortretenden Kranz *J* auf die Bodenplatte *B*, die mit ihr aus einem Stück gegossen ist. Der Kern bietet nach dieser Operation eine ebene glatte Oberfläche und der Guss erfolgt in dem Raume zwischen ihm und dem Mantel der Form.

Warrens Vorschläge scheinen indessen von keinem praktischen Erfolge begleitet gewesen zu sein und ausser den hier und da zur Verwendung gekommenen gläsernen Achslagern, dürften Glasgusssachen zu technischen Zwecken wenig oder gar nicht gefertigt worden sein. Mehrfach begegnet man neuerdings freilich der Mitteilung, dass in Amerika glasgefütterte eiserne Wasserleitungsröhren statt der Bleiröhren mit grossem Erfolge ausgedehnte Anwendung fanden; da aber

alle Details über dieselben fehlen, so wird man vielleicht nicht mit Unrecht lediglich emaillierte Röhren in ihnen zu erkennen haben. Wohl aber wäre hier noch des Ersatzes der früher durch Einwalzen des Glases in einfache Randformen hergestellten Dachziegel (Ochsenzungen, Bieberschwänze) durch aus Glas gepresste Dachfalzziegel zu gedenken, während die von Hamilton-Lindsag, sowie von Siemens angestellten Versuche, selbst Eisenbahnschwellen aus Glas zu giessen, in das im folgenden Kapitel zu besprechende Hartglas einzureihen sind und über die hierher gehörenden weitschichtigen Projekte Leuffgens bereits an einem andern Orte berichtet worden ist.

Es erübrigt daher nur, der Herstellungsweise jener ihres Materials wegen weniger, als mit Rücksicht auf ihren Zweck, den optischen Gläsern zuzuzählenden grossen Ringe zu gedenken, welche, gefertigt hauptsächlich in St. Gobain, zur Kombination der Fresnelschen Leuchtturmapparate dienen.

Die mächtigen Linsen der letzteren werden bekanntlich nicht aus einem Stück hergestellt, sondern aus einer zentralen plankonvexen Linse L, **Fig. 409, Taf. XXXIII,** und einer Anzahl plankonvexer Ringe r, r', r'', r''' u. s. w., deren Konvexität so berechnet ist, dass die auf einer Grundplatte P befestigte Kombination einen gemeinschaftlichen Brennpunkt F hat, zusammengesetzt.

In St. Gobain wird ein Glas von folgender Zusammensetzung*)

Kieselsäure	72,1
Natron	12,2
Kalk	15,7
Thonerde und Eisenoxyd	Spuren
	100,0

mittels kupferner Schöpfkellen in eiserne Formen gegossen, in denen es langsam erkaltet. Die Stücke sind ziemlich frei von Knoten und Blasen, aber, da das Glas nicht gerührt wird, nicht ohne Streifen. Die Farbe des Glases selbst zieht leicht ins Grünliche und sein hoher Gehalt an Kieselsäure und Kalk macht es äusserst widerstandsfähig gegen die Einflüsse der Atmosphärilien. Aufgekittet auf den horizontalen, um eine vertikale Achse sich drehenden Tisch der Schleifbank, erhalten die einzelnen Stücke durch Schleifen und Polieren ihre Vollendung.

*) Henrivaux, a. a. O. 388.

Achtzehntes Kapitel.

Die Fabrikation des Hartglases.

Unter Hartglas *(verre trempé)*, Vulkanglas oder elastischem Glas versteht man, wie dies schon gelegentlich der Besprechung der Einwirkung der Wärme auf das Glas bemerkt wurde, ein solches Glas, dessen Festigkeit infolge gewisser, durch einen besonderen Kühlprozess bewirkter Spannungen, über die des gewöhnlichen Glases nicht unwesentlich erhöht worden ist.

Man wird allerdings behaupten können, dass die grosse Widerstandsfähigkeit schnell gekühlten Glases eine altbekannte Thatsache sei, denn von jeher hat man vor dem Zersprengen der Bologneser Flaschen durch starkes Aufschlagen derselben auf den Experimentiertisch die besondere Festigkeit derselben nachgewiesen, das Verdienst jedoch in dieser Eigenschaft des Glases etwas praktisch Verwertbares gefunden und die Wege, auf denen man zum Ziele gelangen könne, vorgezeichnet zu haben, gebührt unzweifelhaft Alfred de la Bastie zu Richemont bei Pont d'Ain, welcher sein Verfahren im Jahre 1874 sich patentieren liess.

Wie dies so häufig der Fall, erweckte das erste Bekanntwerden der de la Bastieschen Erfindung die übertriebensten Erwartungen. Dem von dem Erfinder selbst *verre trempé* genannten Material vindizierte man unter dem Namen Hartglas oder elastisches Glas geradezu die Unzerbrechlichkeit und einen solchen Grad von Elastizität, dass die an einer früheren Stelle erwähnten Ueberlieferungen von der Erfindung eines hämmerbaren Glases aufs neue ihre Bestätigung gefunden zu haben schienen. Mussten nun auch bei weiterem Bekanntwerden des Gegenstandes solche Illusionen bald wieder verschwinden, so bot sich doch in dem später allgemein Hartglas genannten Material ein Glas von so hervorragenden Eigenschaften, dass das allgemeine Interesse im höchsten Grade für dasselbe rege erhalten wurde. Scheiben aus diesem Material konnten auf dem Boden geworfen werden, ohne dass sie zer-

brachen, wobei sie einen metallischen Klang von sich gaben. Dünnere Gegenstände, Uhrgläser, Lichtmanschetten konnten aus einer Höhe von 4 m auf Steinpflaster oder, gegen die Decke des Zimmers geworfen, auf den Fussboden fallen, ohne zu zerbrechen. Die letztere Prozedur überstand gleichfalls eine dünnwandige Schüssel von 145 mm Durchmesser. Man liess auf eine auf einem hölzernen Rahmen frei aufliegende gewöhnliche Glasscheibe eine 100 g wiegende Metallkugel fallen, wobei die Scheiben regelmässig zerbrachen, wenn die Fallhöhe der Kugel 0,3 bis 0,6 m betrug. Benutzte man zu gleichen Versuchen hingegen ebenso grosse und ebenso dicke Tafeln von Hartglas, so musste die Fallhöhe der Kugel so vermehrt werden, dass sich für das letztere Material eine 4 bis 8fache Festigkeit ergab, welche sich sogar in einzelnen Fällen bis zum 20- ja bis zum 25fachen steigerte. Endlich brachen Platten gewöhnlichen Glases von 0,248 . 0,525 m Grösse und 4 mm Stärke, wenn dieselben, mit den Rändern auf einem Holzrahmen aufliegend, mit einem Gewicht von 35 kg in ihrer Mitte belastet wurden; eine gleiche Platte von Hartglas trug dagegen unbeanstandet ein Gewicht von 235 kg.

Weitere von Schott ausgeführte Versuche zur Ermittelung der Bruchfestigkeit des Hartglases haben wir ferner schon an einem früheren Orte mitgeteilt.

Nicht weniger aber, als durch grosse Bruchfestigkeit zeichnete sich das Hartglas aus durch bedeutende Widerstandsfähigkeit gegen schroffe Temperaturwechsel. De Luynes will Hartglasschalen sowohl, wie gehärtete Spiegelgläser von St. Gobain über Kohlenfeuer glühend gemacht und in Wasser getaucht haben, ohne dass sie gesprungen wären. Lässt man auf eine in ihrer Mitte über einer Spitzflamme erhitzten Hartglastafel Wassertropfen fallen, so zeigen diese bei genügender Temperatur der Platte das Leidenfrostsche Phänomen, d. h. sie tanzen, ohne die Platte zu benetzen, auf dieser umher, wie auf einer glühenden Metallplatte, auf weniger heissen Platten verdampfen sie unter Zischen.

Schott konnte dagegen Hartglasplatten in einer Spitzflamme nicht zum Erglühen bringen, ohne sie zu sprengen und selbst beim Erhitzen der Platten zwischen zwei gegeneinander gerichteten Lötrohrflammen erfolgte das Springen derselben, wenn man die Flammen, an einem Ende der Tafel beginnend, so über dieselben führte, dass hinter der Flamme die Platte glühte, während sie vor derselben noch kalt war. Beim Springen der Tafeln werden dann in der Regel mehrere grosse Stücke explosionsartig fortgeschleudert.

Wenn das Material auch den letzterwähnten Gewaltversuchen gegenüber sich nicht widerstandsfähig erwies, so bietet es doch enorme Vorteile in den unzähligen Fällen des täglichen Gebrauchs. Lampencylinder können schräg über der Flamme stehen, ohne dass sie springen, man kann die heissgewordenen sogar in kaltes Wasser tauchen, dickwandige Wassergläser stellt man ungestraft auf die heisse Ofenplatte, man kocht in Hartglasschalen Flüssigkeiten aller Art über freiem Feuer, dampft sie in denselben zur Trockne, giesst kaltes Wasser nach, giesst heisses Wasser in kalte Hartglasgefässe u. dergl. m.

Wenn ein Gegenstand aus Hartglas auf irgend eine Weise zerbrochen wird, so gestaltet sich hierbei der Vorgang in ganz anderer Weise, als bei gewöhnlichem Glase. Analog der Glasthränen zerfällt der Gegenstand in eine grosse Anzahl kleiner Stücke, deren Kanten jeder Schärfe entbehren, so dass man keine Gefahr läuft, an solchen Splittern sich zu verwunden. Dies Verhalten ist zu einer besonderen Reklame für die Hartglasfensterscheiben aufgebauscht worden, indem man hervorhob, dass etwa in grösserer Anzahl durch irgend eine Veranlassung, etwa ein Hagelwetter, zertrümmerte Fensterscheiben die Passanten durch herabfallende Scherben nicht verwunden würden.

Aus dem Gesagten erhellt ohne weiteres, dass zur Fabrikation des Hartglases jedes Glas geeignet sei, dass also eine besondere Zusammensetzung der Glassätze nicht erforderlich. Nach einer von Benrath*) mitgeteilten Analyse Pilatis bestand de la Basties Hartglas aus

Kieselsäure	68
Thonerde	2
Kalk	10
Alkalien	17
Eisen, Mangan, Kobalt, Chlor und Verlust	3
	100

und entsprach dasselbe daher einem ziemlich weichen Alkali-Kalk-Glase gewöhnlicher Art. Deutsche Hartgläser aus verschiedenen Fabriken enthielten dagegen nach Schott**)

I.

Kieselsäure	74,9
Natron	14,8
Kalk	4,2
Bleioxyd	6,1
	100,0

II.

Kieselsäure	79,29
Alkali	13,21
Kalk	6,11
Thonerde und Eisenoxyd	1,39
	100,00

Diese Analysen illustrieren zur Genüge, wie irrevalent auf die Güte des Produkts die chemische Zusammensetzung des Materials sei, selbstverständlich innerhalb der für gewöhnliches Glas zulässigen Grenzen, und man wird daher behaupten dürfen, dass ein jedes Glas zur Herstellung des Hartglases geeignet sei. Wohl aber scheint das speziellere Verfahren bei dieser Fabrikation in engem Zusammenhange mit der chemischen Zusammensetzung der betreffenden Glassorte zu stehen.

*) Glasfabrikation, p. 481.
**) a. a. O.

Diese Fabrikation beschränkt sich somit einzig und allein auf eine entsprechende Leitung des Kühlprozesses. Wollte man das heisse Glas sofort bis zur gewöhnlichen Temperatur abkühlen, so würde es unfehlbar zerspringen. Man darf daher die plötzliche Temperaturerniedrigung nur soweit treiben, dass zwar die entstandenen Druckspannungen der äusseren Schichten eine möglichst hohe Bruchfestigkeit bedingen, ohne indes hierin soweit zu gehen, dass die Zugspannungen der inneren Teile ein Zerspringen des Glases bewirken. Je höher die Anfangstemperatur und je plötzlicher die Abkühlung auf das zulässige Minimum ist, um so vollkommener wird im allgemeinen die Härtung ausfallen. Einerseits wird man also die fertig geformten Gegenstände bis zur beginnenden Erweichung, jedenfalls aber nur soweit erhitzen, als dies ohne Deformation desselben geschehen kann und anderseits wird man sie plötzlich soweit abkühlen, als die betreffende Glassorte, ohne zu springen, verträgt. Im allgemeinen wird man annehmen können, dass ein weicheres Glas hierbei niedrigere Temperaturen anzuwenden gestattet, als ein härteres und findet man dementsprechend für Kristallglas aus

Sand	300
Alkali	100
Bleioxyd . . .	60

die Härtetemperatur zu 60 bis 120⁰ angegeben*), während gewöhnliches Glas 150 bis 300⁰ beansprucht, je nach dem Verhältnis des Kalks zu den Alkalien. Die höchste Temperatur verlangt auch der harte böhmische Kristall.

Auf die Höhe der Anfangs- und Endtemperatur influieren nächstdem noch die Grösse und Wandstärke der zu härtenden Gegenstände. Lampencylinder vertragen 60⁰, Trinkgläser je nach den Dimensionen 60 bis 75⁰, Wasserflaschen 75 bis 90⁰ u. s. w.

Was das Verfahren de la Basties selbst anlangt, so besteht dasselbe darin, dass die fertig geformten Gegenstände wieder zum Erweichen gebracht und dann in ein Bad von der erforderlichen Temperatur getaucht werden. Den ältern Ofen de la Basties zum Härten von Tafelglas zeigen die **Fig. 410 — 412, Taf. XXXIV**, von welchen die erste einen Vertikalschnitt, die letzte einen Horizontalschnitt, die zweite eine Seitenansicht darstellt. In dem Wärmekanal *W*, **Fig. 412**, werden die Tafeln dem Ofen mittels eines Drahtgewebes ohne Ende zugeführt, worauf sie auf den Streckstein *S* hinübergeschoben werden, welcher seinerseits behufs gleichmässiger Erwärmung der Platte entweder hin- und hergeschoben werden kann, wie in der Figur ersichtlich oder aber nach **Fig. 413, Taf. XXXIV**, noch mit einer besonderen Drehvorrichtung versehen ist. Sodann wird die Tafel nach vorne auf den Herd *H* des Ofens gezogen, worauf dieser sofort, wie **Fig 410, Taf. XXXIV**, zeigt, aufgekippt wird, so dass die Tafel auf den im Härtebade *B* befindlichen Rahmen *R* gleitet, der an seinem unteren Ende eine den Stoss mildernde Drahtrolle *r* trägt.

---

*) Zeitschrift d. V. d Ing. 1877, 312.

Aus dem gleichfalls in die horizontale Lage aufgekippten Rahmen gelangt die Tafel sodann endlich in den mit mehreren Fächern versehenen Kühlkasten *K*, welcher von Zeit zu Zeit ausgewechselt oder entleert wird.

Das Härtebad befindet sich in einer eisernen Wanne, welche mit einer besonderen Feuerung *F* versehen ist, von dem durch die Feuerung *F'* stärker erhitzten Wärmofen aber mittels des Schiebers *S* abgeschlossen werden kann, um eine Entzündung der gewöhnlich aus Fetten oder Oelen bestehenden Härteflüssigkeit zu verhüten. Aus gleichen Gründen ist der obere Teil der Wanne durch einen Deckel dicht verschlossen. Endlich gibt noch ein Thermometer *t* die Temperatur des Bades an und ein Ueberfallrohr *u* sorgt für stets gleich hohen Stand der Härteflüssigkeit.

Den Ofen zum Härten des Hohlglases vergegenwärtigen die **Fig. 414, Taf. XXXIV** im Querschnitt, **Fig. 415, Taf. XXXIV,** im Längsschnitt und **Fig. 416, Taf. XXXIV,** im Grundriss. Die in einem besonderen Ofen vorgewärmten oder noch an der Pfeife befindlichen warmen Stücke werden auf dem Herde *H* weiter erhitzt, sodann von diesem auf den Mauervorsprung neben der Feuerbrücke geschoben, dann wird der Herd zurückgeklappt und die Gegenstände gelangen nun durch einen in dem unterhalb des Ofens befindlichen Bade angebrachten Drahtgewebeeinsatz auf ein gleichfalls im Bade sich bewegendes Drahttuch ohne Ende *D D*, von welchem sie in den Kühlbehälter *K* transportiert werden. Der letztere wird dann von Zeit zu Zeit durch einen leeren ersetzt.

Einen neueren Härteofen für Tafelglas*), welchen sich de la Bastie für Deutschland patentieren liess (Zusatzpatent Nr. 5410), zeigen die **Fig. 417** und **418, Taf. XXXIV.** *A* ist der eigentliche Ofen, *B* ein Vorwärmer, welche beide von der Feuerung *h* aus geheizt werden, *S* ist der zugehörige Schornstein. Der den Herd des Ofens bildende Streckstein *a* kann, um Schneiden *o* drehbar, mittels des Tretwerks *t* umgeklappt werden. Das Bad befindet sich auf einem Wagen *C* und ist mit mehreren Abteilungen versehen, welche nacheinander gefüllt werden. **Fig. 419** bis **421, Taf. XXXIV,** endlich führen einen Muffelofen zum Härten kleinerer Gegenstände vor. Die von der Feuerung *m* aus durch die Flamme umspielte Muffel *A* steht durch die Oeffnung *c* mit dem Bade *B* in Verbindung, welches letztere durch eine besondere Feuerung geheizt wird. In dem Bade liegt ein Paternosterwerk, in dessen Becher *w* die durch *x* in die Muffel gebrachten Gegenstände durch *c* einfallen. Durch entsprechende Drehung des Paternosterwerks, welche mittels des Handgriffs *h* erfolgt, gelangen die Becher allmählich unter den Deckel *n*, nach dessen Entfernung sie entleert werden.

De la Bastie war jedenfalls von dem hohen Werte seiner Erfindung sehr überzeugt, denn er bot sein Patent für Deutschland dem Verbande deutscher Glasindustrieller um den Preis von 42 Millionen Mark zum Verkauf. Gleichzeitig aber erhielt der genannte Verband von dem deutschen Ingenieur Pieper eine Offerte auf Ueberlassung eines Verfahrens, nach welchem ein dem de la Bastieschen *verre trempé* ganz gleiches, von dem Erfinder Vulkanglas genanntes Fabrikat durch Anwendung dampfförmiger Kühlbäder erzeugt werden sollte,

*) Dinglers Journ., 240. 120.

um den Preis von 300000 Mark. Das von dem Verbande um diesen Preis wirklich angekaufte Verfahren besteht, soviel darüber bekannt geworden, darin, dass die in einem Glühofen bis zur Rotglut erhitzten Gegenstände durch einen überhitzten Dampfstrahl, welchen man direkt in den Kühlofen einführt, abgekühlt werden.

Meusel in Geyersthal-Wallendorf verwendete Glycerin oder Salzlösungen als Kühlflüssigkeit an und tauchte die noch an der Pfeife resp. am Pontil befindlichen Gegenstände direkt in dieselbe ein. Aber wenn auch einerseits hierdurch das Verfahren vereinfacht, anderseits die Feuergefährlichkeit der hocherhitzten Fettbäder beseitigt wurde, endlich auch seinem Glase die vorteilhafte Eigenschaft zukam, beim Zerbrechen in einzelne grössere Stücke zu zerfallen, so war anderseits die Härtung doch eine zu unvollkommene, als dass dem Meuselschen Verfahren eine besondere Bedeutung zuerkannt werden könnte.

Einen weiteren Fortschritt hatte Siemens durch die Einführung des sogenannten Presshartglases zu verzeichnen. In dem Bestreben, einmal die feuergefährlichen Fettbäder zu umgehen und zweitens gerade Glastafeln zu erhalten, welche nach dem de la Bastieschen Verfahren infolge beständigen Verwerfens nicht zu erzeugen sind, versuchte er, eine erweichte Glastafel zwischen erwärmten Thonplatten abzukühlen, auf diese Weise das Härten mit der Formgebung verbindend. Der über Erwarten gelungene Versuch wurde dann zu folgender Fabrikationsmethode, welche Schott*) nach des Erfinders eigenen Angaben beschreibt, ausgebildet.

In einem Regenerativ-Gasofen, dessen Herd von zwei Strecksteinen gebildet wird, werden die auf das richtige Mass zugeschnittenen Tafeln bis zum völligen Erweichen erhitzt, dann werden sie mittels einer Krücke auf eine hölzerne Schaufel gezogen und so zur Presse gebracht.

Die Presse besteht aus einer stärkeren gusseisernen, auf einem fahrbaren Untergestell befestigten Bodenplatte und einer darüber befindlichen, ebenfalls gusseisernen, durch ein Gegengewicht abbalancierten, mittels eines Hebelwerks parallel mit der Grundplatte vertikal auf- und abwärts bewegbaren, schwächeren Deckplatte. Die weiche Glastafel wird auf die Grundplatte aufgelegt und darauf die Deckplatte auf jene niedergelassen, ohne Druck und nur für so lange Zeit, bis die Glastafel erkaltet und somit die Härtung beendet ist. Wie bei der de la Bastieschen Härtemethode die Bäder, so müssen hier die Pressplatten eine bestimmte Temperatur haben, welche hier wie dort von der Schmelzbarkeit des betreffenden Glases abhängig ist. Reguliert wird diese Temperatur in einfachster Weise dadurch, dass man die obere verhältnismässig dünne Platte mit einem Rande versieht und in den so gebildeten Kasten einen schlechten Wärmeleiter (Gips) einfüllt. Ist die Füllung eine starke, so wird die Wärme besser zusammengehalten, die Platten bleiben wärmer, bei schwächerer Füllung tritt infolge grösserer Strahlung das Gegenteil ein. Selbstverständlich erhält man auch bei ein und derselben Glassorte durch Anwendung stärkerer Platten schwächer, durch Anwendung schwächerer Platten stärker gehärtete Tafeln. Auf diese Weise stellt Siemens Glastafeln, glatte und

*) a. a. O.

gemusterte, zu Bedachungen, zu Gewächshäusern, für Laternen, auch mattierte Scheiben für Geschäftsräume, Platten zu Fussboden- und Wandbekleidungen, zu Ofenthüren, gemusterte Musselingläser und dergleichen mehr her.

Weiterhin hat sodann Siemens sich ein Verfahren patentieren lassen (D. R. P. 11055), um auch grössere, unregelmässig geformte Glaskörper, namentlich Eisenbahnschwellen, Mühlsteine u. dergl. durch Kühlung möglichst haltbar herzustellen. Die betreffenden Objekte werden durch Guss in Metall- oder Sandformen hergestellt, wobei das Stichloch der Giesspfanne durch eine Stichflamme erwärmt wird.

Die Sandformen werden in derselben Weise wie bei der Eisengiesserei in eiserne Formkästen eingeformt, mit Graphit geschwärzt und gebrannt. Die einzulegenden Kerne werden entweder aus Thon oder mit Thonschlamm bestrichenem Eisen massiv hergestellt, müssen dann aber gleich nach dem Guss aus der Form entfernt werden, weil sie nach dem Erkalten des Glases nicht mehr würden herauszubekommen sein, oder man verwendet zu denselben zusammengebogene Bleche, deren freie Enden man lose übereinander legt, so dass sie beim Abkühlen des Gussstücks dessen Zusammenziehung folgen können. Die fertigen Gegenstände werden sodann in eine Mischung von Sand und Thon gebettet abermals erwärmt und dann mit dem Sande so gekühlt, dass die Kühlung möglichst gleichmässig und zwar thunlichst nur von den breiten Flächen, nicht von den Köpfen aus stattfindet.

Siemens nimmt diese Operation in eisernen Kästens mit doppelten Wänden aber einfachem Boden und Deckel vor, bringt zunächst auf deren Boden eine Schicht Sand, selbstverständlich, nachdem alles gehörig vorgewärmt worden, schichtet auf dieser die Gegenstände mit abwechselnden Sandlagen, legt schliesslich den Deckel auf und fährt die auf Rädern stehenden Kästen dann ins Freie.

Henrivaux*) teilt die Analyse eines Bruchstücks von einer aus Grünglas gegossenen und gehärteten Eisenbahnschwelle mit, welche ihm

Kieselsäure	58,10
Natron	8,02
Kali	0,97
Kalk	18,17
Magnesia	0,11
Thonerde	10,70
Eisenoxyd	1,81
Manganoxyd	1,95
Verluste	0,17
	100,00

ergab und bemerkt dazu, dass der Gestehungspreis dieses Glases denjenigen des Gusseisens nicht überschreite, während seine Dichtigkeit nur den dritten Teil von dem des Eisens betrage, während beide Materialien gleiche Festigkeit besässen. Die Unoxydierbarkeit des Glases garantiere ausserdem lange Dauer. Aehnliche Schwellen der North-Metropolitan-Pferdebahn in London, trugen nach Kiskaldy, auf einer

*) a. a. O. p. 35.

Länge von 0,45 m freiliegend eine Belastung von 766 kg auf das Quadratzentimeter.

Bedenkt man, dass ein wirklich gut gehärtetes Glas vor dem in gewöhnlicher Weise gekühlten entschieden grosse Vorzüge hat, dass aber die Härtung lediglich in einem innerhalb gewisser Grenzen beschleunigten Kühlprozesse besteht, so will es fast den Anschein haben, dass die jetzt übliche Kühlmethode nicht als die richtige bezeichnet werden, dass vielmehr eine gänzliche Umwälzung auf diesem Gebiete der Glasfabrikation in nicht zu ferner Zukunft erwartet werden könne. Die Verfahrungsweisen von Siemens, unter denen wohl sein früher besprochenes Flaschenkühlverfahren nicht das unwesentlichste, sowie die von Deherripon (D. R. P. Nr. 9930 und 10514) in Vorschlag gebrachte Härtemethode, nach welcher die Kühlung in einem mittels Regeneratoren auf den verlangten Grad erhitzten Luftstrome erfolgt, sind in dier Beziehung vielleicht als bahnbrechende zu bezeichnen. Nicht zu übersehen freilich ist, dass alle bisher bekannt gewordenen Härtemethoden für engmündige Hohlgläser nicht geeignet erscheinen, da diese eine Einwirkung der kühlenden Medien auf die Innenfläche kaum zulassen. Beschränkt aber die Kühlung sich lediglich auf die Aussenfläche, so müssen, wie bei den Bologneser Flaschen, die Druckspannungen lediglich auf diese beschränkt bleiben, während die Innenfläche unter Zugspannungen sich befinden wird, so dass also durch irgend welche Veranlassung hier stattfindende Verletzungen ein Zerspringen des Objektes zur Folge haben werden.

Ebenso scheinen einstweilen kompliziertere Formen, Gegenstände mit Ansätzen, Henkeln u. dergl. vom Härteprozesse ausgeschlossen zu sein, da diese Gliederungen in der Regel so ungleiche Spannungen erfahren, dass ein Springen der Gegenstände im Bade erfolgt. Wie sehr aber eine nicht ganz gleichmässig durchgeführte Kühlung den Wert des Hartglases beeinträchtigt, lehren die häufigen, eben durch ungleiche Kühlung oder durch sie bewirkte ungleiche Spannungen herbeigeführten Selbstexplosionen gehärteter Gläser, welche das anfänglich mit so grossen Erwartungen aufgenommene Hartglas bald wieder in Misskredit brachten. Lediglich von der grösseren oder geringeren Wahrscheinlichkeit, mit welcher man eine endgültige Beseitigung auch dieses Uebelstandes wird erwarten können, mag es abhängen, ob man das Hartglas mit einigem Rechte schon jetzt als das Glas der Zukunft wird bezeichnen dürfen.

Neunzehntes Kapitel.

Schmelzglas oder Email.

Allgemeine Betrachtungen.

Haben wir uns bisher nur mit solchen Gläsern beschäftigt, welche farblos oder gefärbt, fast stets durch Durchsichtigkeit immer durch verhältnismässig hohen Schmelzpunkt sich auszeichnen, so begegnet uns in den Emails eine Klasse von Glasflüssen, welche, stets farbig, bald durchsichtig, bald opak und vor allem sehr leicht schmelzbar sind. Der letzteren Eigenschaft verdanken diese Glasflüsse ihren Namen, insofern ihre deutsche Benennung Schmelz vom althochdeutschen smelzan, schmelzen abstammt, auf welches anderseits auch das deutsche Schmalte und das neulateinische *smaltum*, das italienische *smalto* und das französische *émail* zurückzuführen sind.

Schmelzfarbige Ueberzüge auf Glas und gebrannten Thonwaren finden wir schon an den Reliquien altgriechischer, ägyptischer und etrurischer Kunst; ob aber die Alten das Emailieren zur Bekleidung metallener Gegenstände, in welchem Sinne wir heute es aufzufassen gewöhnt sind, verwendet haben, darüber ist ohne endgültige Entscheidung der Frage viel gestritten worden.

Die erwähnten Emailüberzüge auf Metallen lassen sich zunächst in zwei Gruppen zerlegen, von denen die eine, ältere, solche Emaillierungen umfasst, welche lediglich künstlerischer Verzierung der betreffenden Gegenstände dienen, während in die andere die zum Schutze gegen äussere, schädliche Einflüsse den Unterlagen aufgeschmolzenen Ueberzüge einzureihen sind.

Die erste Gruppe zerfällt wieder in verschiedene Unterabteilungen, jenachdem

a) die Emails ähnlich der Glasmosaik romanischer oder altgotischer Fenster durch metallene Einfassungen der einzelnen Farben geteilt sind, eine Technik, welche, aus dem Orient stammend, in Europa vorzugsweise im Mittelalter geübt wurde, oder

b) das Email bald einfarbig, bald in bunter Farbenzusammenstellung die erhabenen Flächen eines Reliefs überzieht, während der vertiefte Grund das Metall, sei es Gold, Silber oder Kupfer, erkennen lässt *(basse taille)*, welche Art der Emaillierung im XVI. Jahrhundert in Italien ihre höchste Blüte erreichte, oder endlich

c) das Email ist eine vollständige Miniaturmalerei mit Emailfarben auf Gold oder Kupfer, auf welchem in der Regel zunächst ein besonderer Glasfluss als Malgrund aufgeschmolzen wurde. Diese Gattung des Emaillierens ist die vollkommenste.

Die erste und dritte dieser verschiedenen Arten der Emaillierung dienen zur Verzierung ganzer Flächen, während die zweite, wie schon erwähnt, den erhabenen Stellen von Reliefarbeiten appliziert wird.

Die geteilten Emails aber unterscheidet man wieder in *émaux cloisonnés*, welche, aus dem Orient (China, Japan, Indien) stammend, auf dem Untergrund aufgelegte trennende Metallumrisse zeigen und in die *champs levés*, welche, dem Abendlande eigen und hier namentlich seit dem XI. und XII Jahrhundert in Limoges kultiviert, das Email auf Flächen aufgeschmolzen enthalten, die gegen die begrenzenden Ränder durch Gravierung, Guss, Aetzuug oder Pressung vertieft wurden. Bei einer dritten Klasse der geteilten Emails endlich sind die einzelnen Abteilungen einer vollständig durchbrochenen Metallarbeit mit durchsichtigem Email gefüllt, so dass das Ganze als eine Kombination metallgefasster Edelsteine erscheint.

Für die Emailmalerei zu Limoges, die namentlich im XVI. Jahrhundert zur höchsten Vollendung gelangte, wurden mehr oder weniger durchsichtige, weisse Emails auf schwarzem oder blauem Grund verwendet, so dass der teilweise durchscheinende dunkle Grund die Schatten der dargestellten Gegenstände bildete. Haar, Falten, Gewänder überhaupt und andere Details wurden mit Gold und Farben zart bemalt und erhielt hierdurch das Ganze ein sehr gefälliges Ansehen. Eine andere Art der Ausführung zeigen die italienischen Arbeiten; sie sind auf weissem Grunde, meist mit undurchsichtigen Farbenemails gemalt, und kein geringerer, als Benvenuto Cellini hat in dieser Gattung die ersten Meisterwerke geliefert. Aus dieser Manier entwickelte sich im XVII. Jahrhundert zu Limoges die eigentliche Emailmalerei mit völlig undurchsichtigen Emailfarben auf weissem Emailgrunde, deren Hauptgegenstand das Porträt oder das kleine historische Gemälde geworden ist.

Begegnen wir somit in der ersten Gruppe der Emaillen den verschiedenartigsten Ausführungen, so hat die zweite nur eine einzige Art der Emaillierung aufzuweisen, welche die Herstellung möglichst gleichmässigere Ueberzüge auf den zu schützenden Objekten bezweckt.

Die Kunst des Emaillierens hat somit nichts gemein mit der Fabrikation der vielen kleinen Gegenstände aus Email, welche sehr leicht und schnell an der Flamme der Emaillierlampe gefertigt werden; sie besteht lediglich in der Anwendung verschieden gefärbter Emaillen auf gewisse Metalle, wie: Gold, Platin, Silber, Kupfer u. s. w.; jedoch ist diese Operation nicht von dem sichern Erfolg begleitet, wie es beim Emaillieren des Glases und des Porzellans der Fall ist. Die Anwesenheit eines oxydierbaren Metalls übt stets einen schädlichen

Einfluss auf das Email aus, der nur sehr schwer zu beseitigen ist. Die Emails üben wohl auch auf die Glasuren und umgekehrt die Glasuren auf die Emails eine Wirkung aus, wie wir bereits gesehen haben; diese ist aber nicht immer nachteilig, oder lässt sich bewältigen. Bei den Emails auf Metallen aber ist dieser Einfluss schwerwiegender, da die in der hohen Temperatur des Schmelzfeuers gebildeten Metalloxyde verändernd auf die Farbe des Emails wirken. Oft sogar wirkt das Email selbst oxydierend auf das Metall ein, indem das in ihm enthaltene Bleioxyd an dieses einen Teil seines Sauerstoffs abgibt, selbst zu metallischem Blei sich reduzierend. Hier tritt dann eine doppelte Veränderung in dem Email ein, wodurch dessen ursprüngliche Färbung zerstört wird.

Emaillieren von Gold, Silber, Kupfer u. s. w.

Aus den zuletzt erwähnten Gründen lässt sich Gold besser emaillieren als Silber, Kupfer etc., obwohl man dabei auch manchmal Misserfolgen ausgesetzt ist, weil das Gold doch immer eine gewisse Menge Kupfer enthält, welches ihm, um es härter zu machen, zugesetzt werden musste. Das Gold, welches man gewöhnlich emailliert, ist $^{920}/_{1000}$ haltig. Ist das Gold weniger fein, so muss man wenigstens die zu emaillierende Oberfläche auf einen grössern Grad von Feinheit bringen. Es geschieht dies dadurch, dass man solches Gold in einer Lösung von 40 Teilen Salpeter, 25 Teilen Alaun, 35 Teilen Seesalz und der zur Auflösung absolut nötigen Menge Wasser kocht.

Durch das Kochen in dieser Beizflüssigkeit wird das in der Goldlegierung befindliche Kupfer an der Oberfläche des Stückes aufgelöst, und das Email kommt dann mit einer Fläche von reinem Gold in Berührung. Gewöhnlich guillochiert man auch noch die Fläche, auf welche das Email angebracht werden soll, teils um das Email haftender zu machen, teils um dem durchsichtigen Email durch Vermehrung der Reflexe mehr Glanz zu geben; dieses Guillochieren muss aber geschehen, ehe das Stück gebeizt wird.

Auf Silber und Kupfer ist es fast unmöglich, dass sich die Farbe des Emails, was es immer für eine sein möge, dort, wo sie mit diesen Metallen in Berührung kommt, nicht ändere. Diese Aenderung erstreckt sich jedoch oft nur auf die Lage, die unmittelbar mit den Metallen in Berührung ist.

Wenn das Email undurchsichtig ist, so wird diese Farbenveränderung an der Oberfläche nicht sichtbar, schadet daher nicht; bei durchsichtigen Emails aber scheint sie nach aussen durch, gleichzeitig die Farbe des Emails verändernd.

Aus diesem Grunde können auf Silber, Kupfer etc. in der Regel nur undurchsichtige Emails mit Erfolg angewendet werden, obschon es sich auch bei diesen häufig ereignet, dass die Ränder sich färben. Sollen auf Silber oder Kupfer durchsichtige Emails angebracht werden, so muss man denselben eine Goldunterlage geben, welches dadurch geschieht, dass man auf die zu emaillierende Fläche eine Lage schwarzes Email aufträgt und darauf ein Goldplättchen legt. Oft reicht auch

eine erste Lage undurchsichtiges Email von derselben Farbe als Unterlage für das durchsichtige Email hin.

Eine selbst starke Vergoldung würde in diesem Falle den Zweck nicht erreichen lassen; denn in der hohen Temperatur, bei welcher die Emails aufgeschmolzen werden, durchdringt das Gold das unterliegende Silber oder Kupfer und eine an diesen Metallen mehr oder weniger reiche Legierung würde an die Stelle des ersteren treten, dieselben Uebelstände, die man vermeiden wollte, mit sich führend. Die Zwischenlage des Emails verhindert die Legierung beider Metalle. Vielleicht würde bei einem leicht schmelzbaren Email eine blosse Vergoldung genügen.

Die unmittelbar auf die Metalle angewendeten Emaillen werden stets mit Wasser aufgetragen. Man beginnt damit, sie in einem Achatmörser höchst fein zu reiben, wobei man sie etwas anfeuchtet; wenn sie die gehörige Feinheit erreicht haben, bewahrt man sie, etwa 2 mm hoch mit reinem Wasser überdeckt, in einem Glas- oder Porzellangefässe auf. Bevor die Emaille aufgetragen wird, müssen die metallenen Unterlagen von allem Fette gereinigt werden, in welcher Absicht man sie in einer Auflösung von Kali abkocht, und dann mit reinem Wasser abspült.

Um das Email aufzutragen, nimmt man etwas davon auf einen eisernen Spatel und breitet es auf der zu emaillierenden Fläche so gleichförmig wie möglich aus. Indem man an die Ränder des betreffenden Gegenstandes leicht anschlägt, nötigt man das Email sich zu einer Paste zu vereinigen, worauf man die aufgetragene Schicht vollkommen glatt streicht und mit dem Spatel **Fig. 422, Taf. XXXIII,** zusammendrückt. Ist das Email durchsichtig, so muss es in einer so dünnen Schicht aufgetragen werden, dass die Oberfläche des Metalls das Licht zurückwerfen kann, wogegen es bei undurchsichtigem Email am Platze ist, die Schicht so stark zu machen, dass die Veränderung, die dasselbe möglicherweise durch das darunter liegende Metall erlitten hat, auf der Oberfläche nicht sichtbar wird. Es ist früher gesagt worden, dass das Email bei seiner Anwendung angefeuchtet werden müsse; um es jetzt zu trocknen, berührt man es vorsichtig mit einem Stückchen alter Leinwand, um hiermit das Wasser aufzusaugen, welches Neigung hat abzufliessen. Um alles Wasser aus dem Email zu entfernen, setzt man die Gegenstände auf einer durchlöcherten eisernen Platte über heisser Asche einer gelinden Wärme aus. Hiermit ist der Gegenstand soweit fertig, um zum Einbrennen des Emails in den Ofen gebracht zu werden. Zu dieser Operation wird das emaillierte Stück auf eine bereit stehende eiserne Platte **Fig. 423, Taf. XXXIII,** gelegt, vermittelst welcher man dasselbe einführen, umwenden und endlich herausnehmen kann, ohne es unmittelbar zu berühren.

Der Ofen des Emailleurs ist ein Muffelofen, entweder nach Art der **Fig. 398** und **399, Taf. XXXII,** oder in kleinerer Ausführung ganz von Thon konstruiert, wie die bei Gold- und Silberproben gebräuchlichen. Ein solcher thönerner, tragbarer Emaillierofen ist in **Fig. 424, Taf. XXXIII,** abgebildet; er besteht aus vier trennbaren Teilen. p ist ein festes Postament, das man auf einen Tisch oder besser auf einen Herd stellt. Dieses Postament hat eine breite terrassenförmige Galerie ig,

auf welcher der eigentliche Ofen *klon* gestellt wird, über welchen die Kuppel *w* und auf diese die Rauchröhre *ef* aufgesetzt wird.

m ist eine thönerne Muffel. Sie ruht vorn in einem ihrer Form entsprechenden Ausschnitt des Ofens, auf dem Rande auf und ist vorn mit einem Deckel, der mit seinen innen vorstehenden Rändern in die Muffel einpasst, verschlossen. Derselbe ist vorn mit einem Griff versehen. Rückwärts liegt die Muffel mit ihrem Rand auf, von der Ofenwand nach innen vorragenden, Nasen auf.

hh ist der Heizraum, der von oben mit Kohlen gefüllt wird, nachdem man vorher die Kuppel weggenommen hat.

Um während des Brennens sich das Wegnehmen der heissen Kuppel zu ersparen, wenn man noch Kohle nachgeben will, kann man die Kuppel mit einer Füllöffnung versehen, die mit einem genau passenden, mit einer Handhabe versehenen, Stück verschliessbar ist.

Unten am Ofen befinden sich die Zuglöcher bei *lk*, welche ringsum in den Mantel angebracht sind. *aaaa* sind Handhaben, mittels welchen man die Kuppel vom Ofen und den Ofen vom Postament wegheben kann.

Nachdem das Feuer angemacht und der Ofen gehörig heiss geworden ist (die Muffel muss lebhaft rot glühen), fasst der Maler die Platte, auf welcher das Stück liegt, mit einer Zange **Fig. 425, Taf. XXXIII**, und nähert sie der Oeffnung des Ofens, so dass das Email, um das Abspringen desselben infolge zu plötzlicher Erhitzung zu verhüten, gelinde und allmählich erwärmt wird; zuletzt bringt er die Platte in den hintern Teil der Muffel. Sobald die Masse anfängt zu schmelzen, dreht er die Platte vorsichtig um, damit sich die Wärme gleichmässig fortpflanze; dass alles vollständig geschmolzen sei, erkennt man an dem Glanze, den alsdann die Oberfläche des Emails annimmt. Ist dieser Augenblick eingetreten, so wird das Objekt mit derselben Vorsicht, wie es eingebracht worden, auch wieder aus der Muffel herausgenommen. Nachdem es bis an den Eingang der Muffel, wo es anfängt sich abzukühlen, zurückgeführt ist, zieht man es unter fortwährendem Umwenden, damit die Abkühlung nur schrittweise erfolge, allmählich ganz aus der Muffel. Ist das Stück einmal aus dem Ofen, so muss man dasselbe, damit das Email keine Risse bekomme, vor jedem kalten Luftzuge schützen. Man hat wohl darauf zu achten, dass das emaillierte Stück, sobald der Ueberzug in völligen Fluss gekommen, aus dem Ofen entfernt werde; denn wenn die Temperatur auch nur um ein geringes sich erhöhte, so würde namentlich bei kupferner oder silberner Unterlage und nicht allzu leicht schmelzigem Email das Metall selbst schmelzen; von dem Fliessen des Emails bis zu dem des Metalls ist oft nur ein Schritt.

Wenn eine erste Schicht von Email nicht genügt, so kann man auf dieselbe eine oder mehrere andere setzen. Nachdem das Email auf dem Metall eingebrannt ist, ist es fast immer nötig, dasselbe zu polieren. Man fängt die Operation des Polierens damit an, dass man die Oberfläche des Emails zuerst abschleift. Es kann dies auf mehrere Arten geschehen. Man bedient sich entweder eines feinen Schleifsteins, mittels dessen man unter Anwendung von Wasser und feinem Sande alle Erhabenheiten abschleift, oder man wendet eine harte sehr feine

Stahlfeile an, oder endlich, was das beste ist, man bedient sich zum Abschleifen eines Schmirgelpulvers von immer steigender Feinheit, mit dem man die Emailoberfläche mittels eines Zinnstabs, **Fig. 426, Taf. XXXIII,** und Wasser überreibt.

Wenn alle Erhabenheiten beseitigt sind, wäscht und bürstet man die Oberfläche rein ab und poliert sie mit Tripel oder Zinnasche, wozu man sich anfangs einer Platte aus Zinn, später aber, um die Arbeit zu vollenden, einer solchen aus weichem Holz, z. B. Lindenholz, bedient und wäscht die Oberfläche zuletzt mit Wasser ab.

Hat man eine dünne Platte von einiger Ausdehnung zu emaillieren, so ist man genötigt, ein Gegenemail auf derselben anzubringen, d. h. man emailliert gleichzeitig mit der obern Fläche auch die untere.

Ohne diese Vorsicht würde die Platte auf der emaillierten Seite sich konvex ziehen. Der Grund davon liegt in der verschiedenen Ausdehnbarkeit des Metalles und des Emails in der Wärme. Die des Metalls ist grösser als jene des Emails. Während das Email beim Erkalten schon seine grösste Zusammenziehung erlitten hat, zieht sich das Metall noch weiter zusammen und die Platte muss daher konvex werden. Das Gegenemail wirkt daher als Kompensation. Kann man auf einer Platte kein Gegenemail anbringen, so darf das Email nur sehr dünn aufgetragen werden, wenn sie eine grössere Ausdehnung hat. Bildet hingegen das Email eine Zeichnung mit geringeren Ausdehnungen, so braucht man auch kein Gegenemail.

Wenn man ein Email auf Messing oder Neusilber schmilzt, so bemerkt man, dass es nur sehr unvollkommen darauf haftet, so dass sich die genannten Metalle auf die gewöhnliche Weise nicht emaillieren lassen. Man verkupfert daher solche Gegenstände zuvor auf galvanischem Wege, worauf sie, wie gewöhnlich, emailliert werden. Soll dies nach einem bestimmten Dessin geschehen, so wird in die gereinigte Platte die Zeichnung graviert oder geätzt, das Email in die Vertiefung eingedrückt und dann aufgeschmolzen. Nachdem dies geschehen, schleift man das hervorragende Email soweit ab, dass es mit den nicht emaillierten Teilen eine Ebene bildet. Man kann aber auch auf die Weise verfahren, dass man die galvanisch verkupferten Stücke mit Email überzieht, auf diesem die Zeichnung mit Schmelzfarben ausmalt und diese einbrennt.

Was nun die Zusammensetzung der Emails selbst anbelangt, so haben dieselben zunächst eine farblose, durchsichtige, glasartige Masse als gemeinsame Basis, zu deren Darstellung man die folgenden Vorschriften angegeben findet.

Durchsichtige Emaille.

	1.	2.	3.	4.	5.
Kieselsäure	3,0	3,0	3,0	10,0	3,0
Bleioxyd .	3,0	4,0	5,0	15,0	6,0
Salpeter .	2,5	2,0	1,0	4,0	0,0
Borax . .	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Zur Darstellung der undurchsichtigen Emaillen setzt man diesen Substanzen eine gewisse Menge Zinnoxyd, phosphorsauren Kalk oder

Antimonsäure zu; am häufigsten wendet man Zinnoxyd an, jedoch nicht für sich allein, sondern um dasselbe in einem möglichst fein zerteilten Zustande zu erhalten, in der innigen Mischung mit der entsprechenden Menge Bleioxyd, welche man durch Oxydation einer Legierung beider Metalle erhält.

Zu dem Ende schmilzt man in einer flachen eisernen Pfanne Zinn und Blei nach einem gewissen Verhältnis zusammen, und erhitzt diese Legierung anhaltend bis zum dunkeln Rotglühen. Hierbei bedeckt sich die Oberfläche der geschmolzenen Metalle mit einer Oxydschicht, die man in demselben Masse zur Seite schiebt und fortnimmt, als sie sich bildet. Sobald alles in Oxyd verwandelt ist, fährt man mit dem Erhitzen noch eine Zeitlang fort, um die Oxydation vollständiger zu machen; dann lässt man das gelbe Oxyd erkalten, reibt es auf einer Handmühle zu Pulver, schlämmt dieses, um die kleinen Anteile nicht oxydierten Metalls davon zu trennen und setzt die letzteren bei einer neuen Kalcination zu.

Das innige Gemenge von Zinn- und Bleioxyd, durch Schlämmen als das feinste Pulver erhalten, wird nun mit Sand oder Quarz und dem Alkali zusammengeschmolzen.

Die Verhältnisse, nach welchen man Zinn und Blei legiert, variieren nach der dem Email zu gebenden Zusammensetzung. Die Menge von Zinnoxyd, die einem Email zugesetzt werden muss, um es undurchsichtig zu machen, ist ziemlich genau bestimmt; man gebraucht nämlich etwa 10 Prozent von dem Gewichte des Emails, um diesem eine weisse Farbe und eine genügende Undurchsichtigkeit zu erteilen; die Menge des Bleioxyds wechselt jedoch, wie aus den oben mitgeteilten Vorschriften ersichtlich, nach der Zusammensetzung des Emails. Je alkalireicher der Satz für sich ist, desto weniger Bleioxyd braucht man zuzusetzen, und umgekehrt, und je weniger das Bleioxyd vorherrscht, desto härter und strengflüssiger wird das Email. Man kann daher zur Erzeugung des Oxydgemenges (Kalcine, Glasur) nicht überall dasselbe Verhältnis zwischen Zinn und Blei anwenden.

Folgendes ist die Zusammensetzung der Legierungen, wie sie sich für die verschiedenen oben angeführten Emaillen eignen.

	I	II	III	IV
Blei .	3,5	5	6	7
Zinn .	1	1	1	1

Um die gewöhnliche Emailmasse undurchsichtig zu machen, müsste man die angegebene Quantität Mennige durch eine der folgenden Mengen Kalcine ersetzen; nämlich für

	1.	2.	3.	4.	5.
Kieselsäure .	3	3	3	10	3
Kalcine	Nr. I 4	Nr. II 5	Nr. III 6	Nr. III 18	Nr. IV 7
Salpeter . .	2,5	2	1	4	—
Borax . . .	1	1	1	1	1

Andere Vorschriften für weissopakes Email sind

6. 4 Teile Kalcine (aus 4 Blei und 1 Zinn),
4 „ Sand,
1 „ Kochsalz.

7. 1 Teil Kalcine aus gleichen Teilen Blei und Zinn,
   1 „ Sand,
   2 „ Pottasche.

8. 10 Teile Blei,
   3 „ Zinn,
   10 „ Sand,
   2 „ Pottasche,
   0,01 „ Braunstein.

9. 10 Teile Blei,
   4 „ Zinn,
   10 „ Sand,
   2 „ Soda.

10. 10 Teile Kalcine (aus 5 Blei und 1 Zinn),
   5 „ Sand,
   4 „ Pottasche.

Die Zahl der bekannt gewordenen Vorschriften zur Darstellung von weissem Email ist noch weit grösser als hier aufgeführt, und fast jeder Künstler hat seine eigenen; und es mag nur noch bemerkt sein, dass man, nach Clouet, statt des bleihaltigen Zinnoxyds auch schweisstreibendes Antimon, d. h. ein Gemenge von schwefelsaurem und antimon- und antimonigsaurem Kali anwenden kann, zu welchem Ende der Genannte folgende Vorschrift gibt. 800 Teile gepulvertes weisses Glas, 100 Teile Borax, 25 Teile Salpeter, 100 Teile des Antimonpräparats.

Zur Darstellung eines rein weissen und fleckenlosen Emails gehören durchaus reine, namentlich eisenoxydfreie Materialien. Zuweilen frittet man zuvor die alkalischen Flussmittel mit dem Sande. Die gehörig fein gepulverten und sorfältig miteinander gemengten Meterialien werden in einen Porzellantiegel gethan, bei starkem rauchfreiem Feuer geschmolzen, dann in Wasser abgeschreckt, gepulvert und nochmals geschmolzen; häufig wiederholt man diese Operationen noch ein und selbst mehrere Male.

Um sowohl das durchsichtige wie das undurchsichtige Email zu färben, hat man nur nötig dasselbe mit einer angemessenen Menge der färbenden Oxyde zusammenzuschmelzen. Auf Gold eignen sich diejenigen Emaillen, deren Zusammensetzung oben angegeben ist; will man sie aber auf Kupfer oder Silber anwenden, so muss ihre Schmelzbarkeit durch Zusatz von 10 Prozent ihres Gewichts Borax vermehrt werden, wie man überhaupt die Schmelzbarkeit durch Borax erhöhen kann.

Folgendes sind Beispiele von der Zusammensetzung farbiger Emaillen, wie man sie mittels des einen oder andern der oben angeführten Sätze erhält.

Blaues Email.

10 Teile durchsichtiges oder undurchsichtiges Email,
1 „ Kobaltoxyd.

Grünes Email.

6 Teile oder   10 Teile Email wie oben und
1—2 Teile Chromoxyd oder   1 „ Kupferoxyd.

Violettes Email.

10 Teile Email wie oben,
1 „ Manganoxyd.

Purpuremaille.

10 Teile weisses Emaille,
1 „ Goldpurpur.

Die Neigung dieses Satzes, einen violetten Ton anzunehmen, vermindert man durch Boraxzusatz.

Schwarzes Email.

10 Teile durchsichtiges Email,
1 „ Kupferoxyd,
1 „ Kobaltoxyd,
1 „ Manganoxyd.

Emaillen von Paris und Ami.

Der diesen Emaillen zur Basis dienende Kristall besteht aus:

184 g weisser Sand,
153 „ Mennige,
75 „ Pottasche, gereinigte,
12 dg Manganoxyd,
43 „ Arsen.

Rotes durchsichtiges Email.

30 g Kristall,
4 „ Borax,
64 cg Goldpurpur.

Blaues durchsichtiges Email.

34 g Kristall,
4 „ Borax,
4 „ Kobaltoxyd.

Blaues undurchsichtiges Email.

30 g Kristall,
4 „ weissgebrannte Knochen,
4 „ Borax,
4 „ Kobaltoxyd,
2 „ weisser Arsenik.

Weisses Email.

30 g Kristall,
6 „ Borax,
6 „ Zinnoxyd,
2 „ weisser Arsenik.

Violettes Email.

30 g Kristall,
4 „ Borax,
4 „ Manganoxyd,
1,3 „ Kobaltoxyd.

Grünes durchsichtiges Email.

30 g Kristall,
4 „ kohlensaures Kupferoxyd,
2 „ Borax.

Grünes undurchsichtiges Email.

30 g Kristall,
4 „ kohlensaures Kupferoxyd,
4 „ weissgebrannte Knochen,
8 „ Borax,
2 „ weisser Arsenik.

Schwarzes Email.

30 g Kristall,
4 „ Kupferoxyd,
4 „ Eisenoxyd,
4 „ Kobaltoxyd,
4 „ Manganoxyd,
8 „ Borax.

Gelbes Email (Salvetat).

50 g Mennige,
17 „ Quarz,
8 „ Boraxglas,
17 „ antimonsaures Kali,
4 „ Zinkoxyd,
4 „ rotes Eisenoxyd.

Beim Einbrennen darf die Hitze nicht so stark werden, dass sich Eisensilikat bilden könnte, wodurch die Farbe ins Grüne ziehen würde. Ohne Eisenoxyd fällt das Gelb heller aus.

Die mehrfach erwähnte verschiedenartige Zusammenziehung und Ausdehnung des Emails und seiner metallenen Unterlage beim Temperaturwechsel ist bei einiger Grösse des plattenförmigen Stücks Veranlassung zur Bildung zahlreicher Haarrisse, auch bei sorgfältigster Abkühlung. Man sucht diesen Uebelstand dadurch zu vermeiden, dass man auf das Metall zwei verschiedene Emails aufträgt, von denen das erste, das sogenannte Grundemail, nicht bis zum völlig glatten Fluss eingebrannt wird, wodurch es befähigt bleibt, den Bewegungen des Metalls einigermassen zu folgen. Derartige Grundemails, welche durch grosses Haftungsvermögen sich auszeichneten, waren nach Salvetat zusammengesetzt aus:

1) Grundemail von Jaquemin:
50 Teilen Kieselsäure,
32 „ Mennige,
10 „ Borsäure,
30 „ kalcinierten kohlensauren Natrons.

2) Grundemail von Paris:
130 Teilen Flintglas,
20 „ kalcinierten kohlensauren Natrons,
12 „ Borsäure.

Nachdem dies Grundemail in der oben beschriebenen Weise auf die metallene Unterlage aufgeschmolzen ist, wird als zweite Lage das eigentliche Email aufgetragen und eingebrannt.

Emaillierung von Eisen.

Das Emaillieren des Eisens geschieht jetzt ganz im grossen, und emaillierte Küchengerätschaften, sowohl von Guss- wie von Schmiedeeisen, verdrängen immer mehr aus anderem Material gefertigte Gefässe, da sie nicht nur billiger, sondern auch dauerhafter sind als diese letzteren; und emaillierte eiserne Röhren wären wohl unbedingt das Zweckmässigste für Wasserleitungen. Hierbei ist vorausgesetzt, dass man ein gutes, bleifreies Email anwende, wenigstens zu allen Arten von Kochgeschirr, welches mit sauren Substanzen und Flüssigkeiten, oder solchen, die leicht sauer werden, in Berührung kommt. Denn diese Emaillen werden, wie sehr man dies auch von manchen Seiten in Abrede gestellt hat, schon wegen ihres in der Regel grossen Alkaligehaltes, selbst von verdünnteren Säuren, sehr leicht angegriffen.

Die schwierigste Aufgabe beim Emaillieren von Eisen besteht darin, ein solches Email hervorzubringen, welches bei der wechselnden Temperatur und der damit in Verbindung stehenden Ausdehnung solcher Gefässe nicht abspringt. Alle Metalle dehnen sich durch die Wärme stärker aus als Glasflüsse, und man sollte daher meinen, dass es nicht möglich sei, zwei solche verschiedenartige Körper dauernd miteinander zu verbinden. Glücklicherweise kommen jedoch hier zwei Umstände zu Hilfe, nämlich: 1) dass die Temperaturen, welchen die Gefässe ausgesetzt zu werden pflegen zwischen 0^0 und 100^0 C. abwechseln, und 2) dass gewisse Glasflüsse, besonders stark blei-, zinnoxyd- oder boraxhaltige, eine stärkere Ausdehnung als gewöhnliches Glas erleiden und zugleich einen gewissen Grad von Zähigkeit besitzen, welche ihrem Zerreissen oder Springen entgegenarbeitet.

Gusseisen dehnt sich zwischen dem Gefrier- und Kochpunkt des Wassers in seiner Längendimension kaum mehr als $^1/_{1000}$, gewöhnliches Glas etwa $^1/_{1250}$, und Email von der gewöhnlichen Zusammensetzung kommt dem Gusseisen in der Ausdehnung noch näher. Ein Email, welches aus gleichen Teilen Kieselsäure und Bleioxyd mit etwas Zinnoxyd zusammengesetzt ist, entspricht allen Anforderungen, welche man an die Dauerhaftigkeit eines solchen Ueberzuges machen kann; mit Recht hat man aber nicht allein dieses, sondern überhaupt auch jedes andere, weit weniger bleioxydhaltige Email zur Glasierung von Kochgefässen aus den bereits oben angeführten Gründen verworfen, und an die Stelle des Bleioxyds den Borax treten lassen.

Um zunächst eines der ältern, noch eines stark bleihaltigen Emails sich bedienenden Verfahrens zu gedenken, sei des von Paris angegebenen und für verschiedenene Zwecke empfohlenen kurz erwähnt.

Hiernach werden die eisernen Gefässe durch Eintauchen in verdünnte Schwefelsäure und sorgfältiges Scheuern und Waschen gereinigt, dann rasch getrocknet und mit einer Lösung von arabischem Gummi angestrichen. Auf diesen Anstrich siebt man, bevor er trocken geworden, feingepulvertes Glas oder Email und bringt alsdann den so

behandelten Gegenstand, um alles Wasser zu entfernen, in einen auf 100 bis 150° C. geheizten Raum. Von hier kommt er in einen andern Ofen, in welchem er bis zum Dunkelrotglühen erhitzt wird, wo die Masse schmilzt und die Wände des Gefässes gleichmässig bedeckt. Man betrachtet sie zuweilen und bringt die Gefässe, sobald die Masse gleichförmig geworden ist, in einen dritten Ofen um sie hier allmählich erkalten zu lassen. Wenn der Ueberzug nicht gleichmässig ausfiel, so wiederholt man die Operation noch einmal.

Die Glasmischung besteht aus

130 Teilen Kristall,
20½ „ kohlensaurem Natron und
12 „ Borsäure.

Diese Ingredienzien werden zusammengeschmolzen und durch Nassmahlen in ein feines Pulver verwandelt; diese Komposition liefert ein durchsichtiges Email und wird namentlich angewendet, um Eisen gegen Rost zu schützen. Das so emaillierte Eisen nannte Paris *fer contre-oxydé* und es bewährte sich dasselbe vortrefflich, selbst da, wo das Eisen der zerstörenden Wirkung oxydierender Agentien ausgesetzt, so z. B. im Laboratorium der Münze zu, wo der Apparat, auf welchem die Goldproben mit Salpetersäure gekocht wurden, aus solchem emaillierten Eisenblech hergestellt war.

Dasselbe Verfahren lässt sich auch anwenden, um schmiedeeiserne Gegenstände mit anderen Metallen zu verzieren, indem man dünne Metallfarben oder Metallpulver in die Masse einschmilzt. Der Erfinder bezeichnet dieses Verfahren als glasig-metallische Plattierung *(plaqué vitro-metallique).* Nachdem das Email auf den Gegenstand eingebrannt ist, bestreicht man es mit Gummiwasser, legt ein Blatt Gold, Silber, Kupfer oder Platin darauf, drückt es mittels eines Tupfballens an und erhitzt es solange, bis das Email erweicht und mit dem Metall zusammensintert.

Ein zweites Verfahren hat mehr die eigentliche Emaillierung, die Erzeugung eines undurchsichtigen Ueberzuges, zum Zweck. Wie schon oben angeführt wurde, so besteht die Hauptschwierigkeit des Emaillierens in dem Umstande, dass sich, wie alle Metalle, so auch das Gusseisen bei Temperaturänderungen stärker ausdehnt oder zusammenzieht wie der glasartige Körper. Paris hat diesem Uebelstande dadurch zu begegnen versucht, dass er den ersten der dem Eisen zu gebenden Ueberzüge, die Grundmasse, nicht ganz zum Fluss bringt, sondern nur soweit erhitzt, dass derselbe eine teigige Konsistenz und dadurch einige Porosität erlangt. Letztere verleiht dem Ueberzuge, wenn das Eisen sich ausdehnt oder zusammenzieht, einen gewissen Grad von Nachgiebigkeit. Der zweite Ueberzug, die Deckmasse, wird vollständig geschmolzen; er bildet alsdann eine Emaillierung von vollkommen weisser, glatter Oberfläche.

Grund- und Deckmasse werden einzeln, und zwar wie folgt, bereitet. Die Grundmasse besteht aus Quarz, Feldspat und Borax, die auf einer eigenen Mühle fein gemahlen und dann in einem hessischen Tiegel zusammengeschmolzen werden. Der Tiegel ist, um die flüssige Glasmasse ablassen zu können, im Boden durchlöchert. **Fig. 427,**

Taf. XXXIII, zeigt die Einrichtung des hierzu benutzten Ofens. *A* ist der Schmelztiegel; *B* ein durchlöcherter Untersatz, der auf dem Halse einer Scheidewand *C* steht; *D* der Rost, durch dessen Mitte der Hals hindurchgeht; *E* ein Gefäss zur Aufnahme der abtropfenden Glasmasse. Der Ofen ist rund und aus feuerfesten Steinen gebaut; oben hat er eine grosse Oeffnung zum Einsetzen des Tiegels, die während des Schmelzens mittels einer mit Thon ausgefütterten Platte *M* verschlossen wird; das Loch des Tiegels wird mit etwas Quarzmehl bestreut, damit die Masse, bevor sie abfliesst, zum vollkommenen Fluss und zu gleichförmiger Mischung kommt. Ist bei langsam vermehrter Hitze etwa noch $1^1/_2$ Stunde die Masse geschmolzen, so öffnet man unten die Oeffnung des Tiegels mit einem spitzen Eisen, lässt den Inhalt in das mit kaltem Wasser gefüllte Gefäss abfliessen, um ihn abzuschrekken und zum Mahlen vorzubereiten, verschliesst die Oeffnung wieder und beginnt mit einer zweiten Schmelzung u. s. f.

Die erhaltene Glasmasse wird getrocknet, vorläufig durch Stampfen zerkleinert und mit den sogleich anzugebenden Zusätzen auf der Glasurmühle fein gemahlen. Unter den mancherlei Zusammensetzungen der Grundmasse sind folgende zu empfehlen:

1) 30 Teile Quarzmehl,
$16^1/_2$ „ kristallisierter Borax,
3 „ Bleiweiss.

Diese Ingredienzien geschmolzen, liefern etwa 39 Teile Masse, die mit 9 Teilen Quarz und der nötigen Menge Wasser fein gemahlen und mit $8^2/_3$ Teilen Pfeifenthon und $^1/_2$ Teil Magnesia alba innig vermischt werden. Oder:

2) 30 Teile Quarzmehl,
30 „ gemahlenen Feldspat,
25 „ Borax,

nach dem Schmelzen mit $10^3/_4$ Teilen Thon oder 6 Teilen Thon und $1^3/_4$ Teilen Magnesia alba zu mengen. Die in diese Zusammensetzung eingehenden Zusätze von Thon, Feldspat und Magnesia dienen dazu, der Grundmasse die teigige, halbgeschmolzene Beschaffenheit zu erteilen.

Die Deckmasse kommt im wesentlichen mit der Grundmasse überein, unterscheidet sich aber von dieser einmal durch einen bedeutenden Zusatz von Zinnoxyd, zum andern dadurch, dass ihr kein Zusatz von Thon gegeben wird. Von den vielen Kompositionen wählen wir die folgenden beiden aus, deren eine mit, die andere ohne Bleigehalt ist.

$37^1/_2$ Teile Quarzmehl,
$27^1/_2$ „ Borax,
30 „ Zinnoxyd,
15 „ kohlensaures Natron,
10 „ Salpeter,
5 „ Magnesia alba.

Nach dem Schmelzen erhält man 92 Teile Email. Da dasselbe durch den starken Gehalt an Zinnoxyd sehr teuer zu stehen kommt,

so vermindert man oft die Menge des Zinnoxyds bedeutend, erhält aber alsdann auch ein weit weniger weisses Email. Die folgende Vorschrift liefert das bleihaltige Email.

$37^1/_2$	Teile	Quarzmehl,
24	„	Borax,
25	„	Zinnoxyd,
15	„	Bleiweiss,
$10^1/_4$	„	kohlensaures Natron,
10	„	Salpeter,
5	„	Magnesia alba.

Das Schmelzen geschieht ganz so, wie bei der Grundmasse, wird aber, falls die abgelaufene Masse noch blasig sein sollte, nochmals wiederholt.

Das nach der einen oder anderen dieser Vorschriften erhaltene und abgeschreckte Email wird sodann mit

$6^1/_2$	Teile	Quarzmehl,
$3^2/_3$	„	Zinnoxyd,
$^2/_3$	„	kohlensaurem Natron,
$^3/_4$	„	Magnesia alba,

mit Wasser in der Glasurmühle zu einem unfühlbar feinen Schlamme zermahlen.

Die Vorschriften zur Darstellung bleifreier, nicht abspringender Emaille werden in der Regel in Bezug auf die gegenseitigen Verhältnisse der einzelnen Bestandteile sehr geheimgehalten. Was die Natur dieser letzteren betrifft, so sind es wesentlich Kieselsäure und Thonerde oder Kalk, dieser zuweilen als phosphorsaurer Kalk, d. h. weissgebrannte Knochen in einem gewissen Verhältnis mit kohlensaurem Natron oder Kali, oder Borax zusammengeschmolzen.

Es sind indessen bis jetzt wenig Versuche über die Verhältnisse bekannt geworden, nach welchen man diese Substanzen mengen dürfe, um ein gutes Resultat zu erzielen. Doch scheint es nach den Untersuchungen von Magnier, dass die Erden ihr gleiches Gewicht Fluss, zur Hälfte aus Soda, zur Hälfte aus Borax bestehend, aufnehmen können, ohne ein in Wasser oder verdünnten Säuren auflösliches Email, oder vielmehr eine Basis für ein solches zu bilden.

Gibt man einem solchen Glase oder Emailkörper noch einen Zusatz von Zinnoxyd, um es undurchsichtig zu machen, und von Salpeter, um etwas vorhandenes Eisenoxydul höher zu oxydieren und organische Substanzen zu zerstören, so erhält man, nach Magnier, ein zum Emaillieren von Eisen sehr brauchbares Produkt.

Ein sehr schönes weisses und leicht schmelzbares Email erhält man nach der folgenden von Magnier erteilten Vorschrift:

Elbingeroder Thon	8,222
Kieselsäure	14,097
Kalkhydrat	5,580
Kalcinierte Soda	20,928
Geschmolzener Borax	16,887
Salpeter	8,810
Manganoxyd	0,073
Weissgebrannte Knochen	5,580
Zinnoxyd	11,160
	99,337.

Nach dem Schmelzen hatte die Masse folgende Zusammensetzung.

Thonerde	2,919
Kieselsäure	23,461
Kalk	5,224
Natron	21,217
Borax	21,079
Kali	5,119
Manganoxyd	0,091
Weissgebrannte Knochen	6,965
Zinnoxyd	13,935
	100,010.

Da dieses Email sehr leichtflüssig ist, so findet keine wesentliche Oxydation des Eisens während des Einbrennens statt; es bildet einen gleichförmigen, glänzenden Ueberzug und lässt sich leicht verarbeiten.

Zum Emaillieren werden die Gusswaren zuerst mit sehr verdünnter Schwefelsäure, die etwas erwärmt sein kann, gefüllt, damit 12 bis 24 Stunden stehen gelassen, sodann mit Wasser abgespült und mit scharfen Bürsten an allen den Stellen gereinigt, wo später das Email sitzen soll. Hierauf trocknet man sie, gewöhnlich über einem Feuer, mit möglichster Schnelle und übergiesst sie alsdann mit dem Emailbrei. Derselbe besteht dem oben Gesagten zufolge aus einer Schmelze von Quarz und Borax, welche, mit Feldspatpulver und geschlämmtem eisenfreien Thon gemengt, auf einer Glasurmühle möglichst fein gemahlen worden sind. Da dieses Mahlen nass geschieht, so erhält man hierdurch sogleich einen Brei von guter Konsistenz, den man in die gusseisernen gereinigten Gefässe schüttet und, wie bei den Thongeschirren, durch zweckmässiges Umschwenken derselben an ihren Wänden verteilt; den überschüssigen Brei giesst man aus. Um das Niedersinken des Breies von den zum Teil senkrechten Wänden zu verhüten, bestreut man ihn sofort mit einem feingepulverten Gemenge von Feldspat, Soda, gereinigter Pottasche, Borax und Zinnoxyd, wodurch ein grosser Teil des Wassers des Breies absorbiert und dieser nun so steif wird, dass er unverändert in seiner Dicke an den Wänden haften bleibt. — Zuweilen frittet man auch zuvor das Gemenge von Schmelze, Feldspat und Thon und trägt die nassgemahlene Fritte mit einem Pinsel auf die Gefässwände, bestreut diese mit dem trockenen Pulver derselben Fritte und brennt das Email ein. Darauf überzieht man diese erste Emailschicht aus Grundmasse mit demselben Brei, bestreut aber mit dem trockenen

Pulver der Deckmasse, brennt wieder ein und trägt endlich noch eine dritte Schicht, aus dem nassen Brei der zweiten Komposition bestehend, auf, bestreut mit dem Pulver derselben Art und gibt nun den dritten und letzten Brand.

Die erste Fritte nennt man die Unterglasur *(assiette)*, die zweite die Oberglasur *(couverte)*. Letztere wird jedoch nicht bloss gefrittet, sondern zu einem wirklichen Glase geschmolzen. Was nun das Einbrennen selbst anlangt, so muss ihm ein vollkommenes Trocknen des an den Wänden haftenden Glasurbreies vorausgehen. Zu diesem Zwecke ist an dem Einbrennofen gewöhnlich noch ein Trockenraum angebracht, welcher durch einen Teil der ausserdem verloren gehenden Wärme geheizt wird. Sobald das Trocknen beendet ist, kommen die Gefässe in die glühende eiserne Muffel des Brennofens, und zwar, wie bei der Fayence, ganz vorn in den Eingang der Muffel, wo die Hitze am schwächsten ist, von wo sie dann nach und nach weiter geschoben werden. — Während des Einbrennens wird die Muffel stets durch eine eiserne Thür verschlossen gehalten, in welcher aber eine kleinere, ebenfalls verschliessbare Oeffnung angebracht ist, durch die der Arbeiter den Gang des Einbrennens beobachten und das Rücken der Gefässe bewirken kann.

Mit derselben Vorsicht, wie man die Gefässe eingeschoben hat, bringt man sie auch wieder aus der Muffel und in den Trockenofen, der nun als Kühlofen dient.

Ueber das auf den Niederschlesischen Emaillierwerken übliche Verfahren macht W. Bersch*) sehr eingehende wertvolle Mitteilungen.

Die emaillierten Geschirre der Niederschlesischen Hütten zeichnen sich im allgemeinen durch eine schöne Weisse und durch Haltbarkeit der Emaille, selbst bei plötzlich stark wechselnden Temperaturen vorteilhaft aus. Das Emaillierverfahren selbst, welches meistenteils sehr geheim behandelt wird, dürfte auf sämtlichen Hütten ziemlich das Gleiche sein. Hier dasjenige einer der grössten und ältesten der oben genannten Hütten, deren emaillierte Geschirre sich stets eines recht guten Rufes erfreut haben.

Die Geschirre werden von der Putzerei aus, vor Nässe und Feuchtigkeit möglichst geschützt, zur Beizanstalt gebracht, hier mit verdünnter Schwefelsäure gebeizt und mit Sand abgerieben. Behufs des Abspülens und Trocknens werden sie dann in heisses Wasser getaucht, trocknen nach dem Herausholen von selbst ab, werden darauf noch einmal einzeln nachgesehen und endlich mittels Lappen trocken abgerieben. In diesem Zustande kommen die Geschirre zum Auftragen der Grundmasse.

Die Grundmasse wird folgendermassen hergestellt. Es werden gemischt:

	50 kg	Quarz, fein gemahlen und trocken;
	22,5 „	Borax, nicht entwässert;
	7,5 „	Flussspat, fein gepocht und gemahlen;
zusammen	80 kg	

*) Zeitschrift d. V. d. Ing. 1880, 99.

Diese Mischung wird in thönernen Tiegeln zusammengesintert und gibt 68,5 bis 69 kg gesinterte Masse, die von allenfalls anhängenden Thonscherben gereinigt, geklopft und gepocht wird.

Von der gepochten Mischung werden genommen:

16 kg; dieselben werden trocken gemischt mit
6,5—12,5 „ Quarz (gewöhnlich 12,5 kg);
4 — 6,5 „ grauem Thon (gewöhnlich 4 kg);
0,5 „ Borax.

Diese neue Mischung wird auf der Nassmühle gemahlen und zu jeder solchen Portion, die eine Mühle voll gibt, wird während des Mahlens zugesetzt:

2,5 kg Thon,
0,66 „ Borax.

Die gemahlene Mischung wird entweder durch Wasser oder durch fein mit Wasser gemahlenen, grauen Thonbrei zu der nötigen Konsistenz gebracht, dann aufgetragen, getrocknet und eingebrannt. Dieselbe liefert eine etwas gelbbraune, gesinterte Grundmasse, die an den Geschirren fest anhaften muss und dem Kratzen mit einem Fingernagel nicht nachgeben darf.

Die wieder erkalteten Geschirre werden nun mit sogenannter Deckmasse versehen, die ebenfalls als feine Schlämpe nass aufgetragen werden muss.

Die Deckmasse wird folgendermassen bereitet. Es werden trokken gemischt:

2,5 kg Flussspat, fein gepocht;
1,0 „ Zinkoxyd, wie es im Handel vorkommt;
4,75 „ Zinnoxyd, wie es der eigne Kalcinierofen liefert;
0,75 „ Knochenmehl, Handelsware;
0,03—0,05 „ Schmalte.

Letztere nur, um einen allenfalsigen Stich ins Gelbliche zu verdecken, daher deren Menge auch wandelbar ist. Diese Mischung von 9 bis 9,25 kg wird im Laboratorium als Hauptsache und als eigentliches Emailliergeheimnis gemischt, gesiebt und es werden von ihr dann später gemischt je:

9 — 9,25 kg mit
16 „ fein gemahlenem Feldspat,
9,5 — 9,75 „ Borax, nicht entwässert;
3,25 „ Soda, nicht entwässert;
1,25— 1,5 „ Kalisalpeter.

Dieses alles wird in der oben beschriebenen Weise in feuerfesten Tiegeln, welche in ihrem Boden ein Loch haben, zusammengeschmolzen und es fliesst die geschmolzene Masse durch jenes Loch in einen unter den Rost des Ofens gesetzten Untersatz ab. Die erkaltete Masse wird wieder gröblich zerklopft, dabei von anhängenden Unreinigkeiten gereinigt und dann gepocht. Von der gepochten Masse werden je 30 kg mit einem Male auf die Nassmühle gegeben und auf dieses Quantum

zugesetzt: 6 Näpfchen von ca. 140 ccm Inhalt weissen Thon, fein mit Wasser angeschlämmt, und 0,3 kg Zinkoxyd.

Die fertige Masse wird dann wieder, falls dies nicht bereits beim Mahlen geschehen ist, auf die gehörige Konsistenz gebracht, auf die eingebrannte Grundmasse aufgetragen und ebenfalls eingebrannt.

Ein Zusatz einer Lösung von kohlensaurem Ammoniak oder schwefelsaurer Magnesia wird fast gar nicht mehr angewendet.

Die fertig gebrannten Geschirre müssen ohne aufgegangene Blasen, nicht streifig und von einem schönen, glänzenden Weiss sein.

Die noch heissen Geschirre werden, sofern sie nicht grössere Fehler haben, in gute Ware und in Ausschussgeschirre (mit kleinen Fehlern) geschieden und mittels Steinkohlenteer geschwärzt. Grössere Fehler in der Emaille werden mittels kleiner, spitzscharfer Hämmer entfernt und es müssen dann die betreffenden Stücke den Emaillierprozess noch einmal durchmachen*).

Während dem Vorstehenden zufolge auch auf den grösseren Niederschlesischen Werken die ältere Methode der Emailbereitung, das

---

*) Ueber die Kosten des Emaillierverfahrens gibt Bersch folgende Anhaltepunkte:

Das Emaillierwerk der betreffenden Hütte fertigte

1868/69	rund	620000 kg	emaillierte Waren
1869/70	„	640000 „	„
1870/71	„	643000 „	„
1871/72	„	797000 „	„

Dem Emailwerke stand ein mit 900 Mark und freier Wohnung dotierter Emailliermeister vor, der ausser seinem festen Gehalte noch eine Tantieme von 4 Pf. (alte) pro 100 kg emaillierter Ware erhielt. Bei dem wirklichen Emaillieren (Beizen, Waschen, Auftragen, Brennen und Schwärzen) waren durchschnittlich 20 Arbeiter im Akkord beschäftigt, welche bis zum Jahre 1873 zusammen 140 Pf. pro 100 kg emaillierter Waren erhielten. Später sollte dieser Akkordsatz etwas erhöht werden.

Genannter Akkordsatz verteilte sich wie folgt:

4	Beizer und Wäscher	pro 100 kg	à $6\frac{1}{2}$ Pf.	26 Pf
1	desgl.	„	„ 7 „	7 „
1	Grundmasse-Aufträger	„	„ 8 „	8 „
1	desgl.	„	„ 9 „	9 „
1	Deckemasse-Aufträger	„	„ 8 „	8 „
1	desgl.	„	„ 9 „	9 „
1	Tagbrenner	„	„ 8 „	8 „
1	desgl.	„	„ $9\frac{1}{2}$ „	$9\frac{1}{2}$ „
1	Nachtbrenner	„	„ 8 „	8 „
1	desgl.	„	„ 9 „	9 „
2	Einbürster	„	„ 4 „	8 „
2	desgl.	„	„ 6 „	12 „
1	Schwärzer	„	„ 5 „	5 „
2	desgl.	„	„ $6\frac{1}{2}$ „	13 „
20	Arbeiter zusammen pro 100 kg			$139\frac{1}{2}$ Pf.

In den an 140 Pf. fehlenden $\frac{1}{2}$ Pf. teilten sich die 5 Beizer und Wäscher.

Ausserdem waren in dem Emaillierwerke zur Bewältigung der betreffenden Transportarbeiten u. dergl. m. durchschnittlich noch beschäftigt:

7 Arbeitsleute mit zusammen täglich 78 Sgr. Lohn
5 Jungen „ „ „ $32\frac{1}{2}$ „ „

Das Aushauen der in der Emaille fehlerhaften Geschirre wurde pro Stück mit 3 Pf. im Akkord bezahlt.

Schmelzen desselben in durchlochten Tiegeln, noch üblich, berichtet A. Pütsch*) über ein von ihm eingeführtes Verfahren der direkten Schmelzung ohne Tiegel in Regenerativ-Gasöfen, welche gleichzeitig die Verwendung von Braunkohlen und Torf statt der Koks als Brennmaterial gestatten.

Das Verfahren bei der Herstellung ist folgendes: Die vorher gut gemischten Rohmaterialien werden in den Ofen eingetragen und zwar ca. 200 bis 250 kg auf einmal. Das Feuer streicht über die Masse fort und bringt sie zum Schmelzen, in ähnlicher Weise wie das Gemenge in einem Glasofen mit Wannenbetriebe. Nachdem die Masse vollkommen durchgeschmolzen ist, nachdem dieselbe dünnflüssig geworden und nachdem insbesondere die Gasentwickelung aufgehört hat, wird dieselbe durch passend konstruierte Abstichöffnungen abgelassen und stürzt in Wasser, in welchem sie abschreckt und sich in grobkörniges Pulver verwandelt, welches ohne weiteres zum Vermahlen geeignet ist. Es fallen also diejenigen Kosten weg, welche mit dem Zerklopfen der in gewöhnlichen Durchlauftiegeln erhaltenen Masse verbunden sind.

Die Erfahrung hat nun gezeigt, dass bei diesem Verfahren gegenüber dem in den Tiegeln an Flussmitteln gespart wird, ohne dabei die notwendige Leichtflüssigkeit der Emaille zu beeinflussen. Der Grund hierfür ist darin zu finden, dass im Ofen ohne Tiegel die Masse solange im Ofen bleiben muss, bis dieselbe komplett durchgeschmolzen wird, also bis die Flussmittel sich gleichmässig in der Masse verteilt haben, was durch Probeentnahme kontrolliert werden kann. Ist dieser Punkt erreicht, dann wird abgestochen. Bei dem Durchlauftiegel dagegen läuft jedes geschmolzene Teilchen, mag es viel oder wenig Flussmittel aufgenommen haben, sofort ab. Eine Kontrolle, ob die Flussmittel sich gleichmässig verteilt haben, ist nicht möglich; auch ist eine Möglichkeit, hierauf einen Einfluss auszüben, nicht vorhanden. Das Loch im Boden ist einmal da, und alles, was nur irgend flüssig ist, läuft ab. Wenn man die durchgelaufenen Massen der Tiegelöfen zerschlägt, so findet man auf den Bruchstellen häufig verschiedene Färbungen, ein Kennzeichen ungleichmässiger Zusammensetzung, während die im Ofen ohne Tiegel hergestellte Masse stets gleichartige Nüancen zeigt.

Für die Herstellung guten Emails, und daraus folgend Verminderung von Ausschuss bei der fertigen Ware, ist aber vor allen Dingen die grösstmögliche Sauberkeit und Reinlichkeit eine oft nicht genügend geschätzte Bedingung.

Durch Anwendung der Gasfeuerung wird aber dieser Bedingung in jeder Weise Rechnung getragen.

Die Gaserzeuger werden ausserhalb des Schmelz- resp. Emaillierraumes angelegt; folglich kommt weder das Rohmaterial noch das fertige Email mit Kohlen und Kohlenstaub in Berührung.

Da ferner die Masse aus dem Ofen direkt in Wasser gelassen und einer ferneren Bearbeitung vor dem Mahlen nicht unterzogen wird, so fällt auch jede Verunreinigung in diesem Stadium fort.

---

*) a. a. O., p. 219.

Wichtig ist die Möglichkeit, selbst mit Braunkohlen oder Torf etc. Email zu produzieren.

Was nun den Ofen selbst betrifft, so beansprucht derselbe inkl. des nötigen Arbeitsraumes vor dem Ofen einen Raum von 4 m Länge und 3,5 m Breite. Die Herstellungskosten belaufen sich auf circa 1500 Mark exkl. Schornstein, und kann ein Ofen in Zeit von 14 Tagen fertig hergestellt werden.

Hinsichtlich der zum Emaillieren sich am besten eignenden Eisensorten soll weisses, mit Holzkohlen erblasenes Roheisen den Vorzug verdienen. Dieser Ansicht entgegen, werden in England, welches nur Kokseisen verarbeitet, emaillierte Kochgeschirre von einer Vollkommenheit geliefert, die nichts zu wünschen übrig lassen, so dass es wenigstens fraglich bleibt, ob in der That gerade das mit Holzkohlen erblasene Eisen die besten Resultate liefere. Auf der Königshütte in Oberschlesien hatte man Versuche angestellt über den Einfluss, welchen in den Hohofen eingelassene Wasserdämpfe auf das hierbei gewonnene Roheisen ausübten. Es ergab sich, dass solches Roheisen durch Verfrischung ein Stabeisen von sehr vorzüglichen Eigenschaften gab, dass aber alle aus diesem Eisen gegossenen Gefässe auf keine Weise mit Email überzogen werden konnten, da selbst bei der vorsichtigsten Abkühlung die Glasur wieder absprang. Es scheint demnach, als ob sehr reines Gusseisen sich bei erhöhter Temperatur stärker ausdehnt, als weniger reines, und aus diesem Grunde zur Emaillierung weniger geeignet ist. Musste man daher früher der Beschaffenheit des zu emaillierenden Eisens die grösste Aufmerksamkeit schenken, so hat dieser Umstand heute, wo man auch Eisenblech, dessen Ausdehnungskoeffizient ungleich grösser, als derjenige des Gusseisens ist, ohne Anstand emailliert, viel von seiner ursprünglichen Bedeutung verloren. Ausserdem ist es wichtig, dass die zu emaillierenden Stücke überall von möglichst gleichmässigem Guss, nicht zu dick sind und keine zu bedeutende Grösse besitzen, weil bei zunehmender Grösse die Schwierigkeit, den Gegenstand in allen Teilen gleichmässig zu erhitzen, in hohem Grade wächst.

Nach dem Auftragen des Glasurbreies kommt das Geschirr in einen, auf etwa 60 bis 70° C. erwärmten Ofen, worin der Ueberzug bei steigender Wärme scharf ausgetrocknet wird. Zum Einbrennen dient ein dem oben beschriebenen ähnlicher Muffelofen, nur dass derselbe, je nach dem Umfange der Fabrikation, eine solche Grösse erhält, um eine grössere Anzahl von Geschirren aufnehmen zu können, wobei jedoch zu bemerken, dass es der vorzunehmenden Manipulationen wegen unbequem ist, eine grosse Anzahl von Geschirren zu gleicher Zeit im Ofen zu haben. Die erforderliche Temperatur ist die hellrote Glühhitze, bei welcher innerhalb 15 bis 20 Minuten der Ueberzug soweit gefrittet sein muss, dass er, nach dem Erkalten mit dem Finger gerieben, nicht im geringsten abfärbt.

Während des Brennens müssen die Geschirre mehrmals umgewendet und auf verschiedene Seiten gelegt werden, um jedes Abfliessen des Ueberzuges zu vermeiden, was übrigens bei der nur teigartigen Konsistenz der Masse nicht leicht möglich ist. Die Thür der Muffel darf nur beim Einsetzen und Herausnehmen geöffnet werden, sonst aber

stets geschlossen bleiben; zum Wenden der Gefässe befindet sich in der Mitte der Thüre ein schmaler Schlitz, durch welchen der Arbeiter eine Art Gabel steckt und mit ihr die Geschirre an ihren Henkeln fasst.

Das Auftragen und Einbrennen der Deckmasse geschieht ganz auf dieselbe Weise, nur muss dabei mit grösserer Sorgfalt verfahren werden; eine recht schöne Glasur hervorzubringen, lernen die Arbeiter erst nach langer Uebung und Erfahrung.

Kennzeichen einer guten Emaillierung sind: 1) eine ganz ebene, glatte, nicht rauhe und runzlige Oberfläche; 2) eine recht weisse Farbe; 3) Abwesenheit aller Risse und Sprünge.

Ein eigentümliches Emaillierungsverfahren für Eisengusswaren haben Henzel & Broz*) sich patentieren lassen, nach welchem sie das Email auf den Kern der Gussform auftragen. Form und Kern wird in üblicher Weise gefertigt, worauf man auf den letzteren, nachdem er mit Graphit sehr sorgfältig geglättet worden, den mit Wasser angerührten Emaillierbrei recht gleichmässig aufträgt. Nach dem Trocknen des letzteren wird der Kern in die Form eingelegt und das Eisen recht ruhig in die letztere eingelassen, so dass die nun in Fluss geratende Glasurmasse mit demselben innig sich verbinde. Bei Kochgefässen wird zur Erzielung einer festhaftenden Glasur der Kern nicht mit Graphit, sondern mit feinem weissen Formsande überzogen und die so erhaltene rauhe Glasur mit einem zweiten Ueberzuge in gewöhnlicher Weise versehen.

Als Glasur geben die Patentinhaber folgende Mischungen an:

	I.	II.	III.	IV.
Kieselsäure . . .	—	34	34	34
Kohlensaures Natron	18	11	11	6
Kalk	11	12	12	12
Pfeifenthon . . .	6	—	5	—

welche gemischt, geschmolzen und gemahlen werden.

Von Pleischl sind die beiden folgenden Vorschriften zum Ueberziehen von Eisen, Eisenblech und allen daraus gefertigten Gegenständen mit blei-, überhaupt metallfreiem Email mitgeteilt worden.

1.		2.	
Kieselsäure . . .	30—50 Teile,	Quarz	30—50 Teile,
Feuerfeste Porzellanerde . . .	10—20 „	Granit	20—30 „
		Borax	10—20 „
Pfeifenthon . . .	8—16 „	Glas	6—10 „
Kreide	6—10 „	Magnesia . . .	10—16 „
Porzellanmehl . .	10—15 „	Feldspat	5—20 „
Borsäure	20—40 „	Emailliersoda . .	10—20 „
Salpeter	6—10 „	Kalk	5—15 „
Gips	2—6 „	Schwerspat . . .	2— 8 „
		Flussspat . . .	3—10 „

Jeder dieser Bestandteile wird für sich aufs feinste gepulvert, dann werden alle aufs innigste gemengt und zu Email verschmolzen, das wieder sehr fein gemahlen, aufgetragen und eingebrannt wird,

*) D. R. P, Nr. 9621.

Das angegebene Verhältnis der einzelnen Bestandteile ist ein veränderliches und muss, da es von der Beschaffenheit des Eisens bedingt wird, jedesmal erst durch Versuche festgestellt werden; es liegt aber jederzeit innerhalb der angegebenen Grenzen.

Ein anderes Email für Eisenblech hat sich A. Reichel in Leipzig unter Nr. 9552 für Deutschland patentieren lassen. Die Zusammensetzung desselben ist:

16 Teile gestossenes Glas,
8 „ Spat,
12 „ Borax,
4 „ Salpeter,
1 „ Zinkoxyd,

und je nach der beabsichtigten Färbung eine genügende Menge der betreffenden Metalloxyde. Eine Emaillierung endlich, welche sowohl für Schmiede- als für Gusseisen geeignet ist, erhält man nach Raetz*) durch Anwendung folgender Massen:

a) Grundmasse.

30 Teile feingemahlener Feldspat,
25 „ Borax,

geschmolzen, gestossen und gemischt mit

10 Teilen Thon,
6 „ Feldspat,
1,25 „ kohlensaurer Magnesia.

Nachdem diese Masse mit Wasser zu einem Brei gemahlen und auf die zu emaillierenden Gegenstände aufgetragen ist, wird die noch feuchte Schicht mit einem Pulver von

b) Deckmasse aus

37,5 Teilen Quarzmehl,
27,5 „ Borax,
50 „ Zinnoxyd,
15 „ Soda,
10 „ Salpeter

bestreut und das Ganze endlich nach völligem Trocknen eingebrannt.

Emaillierung von Fayence.

Seit dem Ende des XIII. Jahrhunderts wurden durchsichtige Bleigläser, und zwar zuerst in Deutschland, zum Glasieren von Thonwaren angewendet; bald nachher aber, zu Anfang des XIV. Jahrhunderts kamen von Faenza (Faventia) aus jene Töpferwaren in den Verkehr, bei denen diese durchsichtige Glasur durch eine zinnoxydhaltige opake ersetzt war und heute noch werden zur Erinnerung hieran solche und ähnliche Fabrikate Fayence genannt.

Vorzüglich aber war es Lucca della Robbia in Florenz, welcher ums Jahr 1438 jene stark zinnhaltige Emaille erfand, welche mit ei-

*) Mitgeteilt in Jacobsen, chemisch-technisches Repertorium 1879, II, 159.

nem glänzenden, weissen, undurchsichtigen Ueberzuge die groben, mehr oder weniger gefärbten Thone bekleidend, diese zur Dekoration mittels zarter, farbiger Malerei geeignet machte. Der Name Majolika, welchen man diesen Arbeiten gab, deutet den eigentlichen Ursprung derselben an, indem derselbe auf die spanische Insel Majorka hinweisen soll, von wo ähnliche Kunstprodukte schon seit dem X. Jahrhundert gelegentlich siegreicher Kriegsunternehmungen gegen die dort herrschenden Mauren nach Italien gebracht sein mögen. Als besondere Eigentümlichkeit der Majolika mag noch erwähnt werden, dass dieselbe, obschon in der Regel in ihrer äusseren Gestalt die Formen von Hausgeräte zeigend, in weitaus den meisten Fällen nicht dem täglichen Gebrauche zu dienen, sondern als Dekorationsstücke Tische, Schränke, Kaminsimse der Wohnräume zu zieren bestimmt war.

In Frankreich, wohin die Majolika durch einen von Franz I. berufenen Nachkommen des Robbia gebracht worden, wurde eifrig an der Vervollkommnung der emaillierten Thonwaren gearbeitet und namentlich war es Bernhard Palissy, welcher um das Jahr 1550 vermöge der von ihm selbst zusammengesetzten reichen Farbenpalette die weiss oder bunt glasierten Gegenstände mit in völlig naturalisierter Weise gemalten Reliefs versah.

Was die Zusammensetzung dieser Glasuren anbetrifft, so ist dieselbe eine ganz ähnliche, wie die der Emails für Gold, Silber und Kupfer, nur wird man in den meisten Fällen auf die Gewinnung einer sehr leichtflüssigen Glasur bedacht sein müssen.

Dementsprechend dient zu farblosen, durchsichtigen Glasuren sehr gewöhnlich eine Masse, welche lediglich aus 1 Teil Sand und 2 Teilen Mennige erschmolzen wird, während man für opake Glasuren beispielsweise angegeben findet*):

	1)	2)	3)
Kalcine .	10 (1 Zinn, 5 Blei)	10 (3 Zinn, 3 Blei)	10 (1 Zinn, 5 Blei)
Sand .	20	10	20
Kochsalz	15	15—20	—
Soda . .	—	—	15

4)	
Kalcine .	20 (1 Zinn, 3 Blei)
Sand .	20
Kochsalz	—
Soda .	30—40

von welchen Nr. 2 und 4 für feine Majoliken, Nr. 1 und 3 für ordinärere Fayencen bestimmt sind.

Mussten aber schon die zur Bekleidung von Metallen dienenden Emails dem verschiedenen Ausdehnungskoeffizienten jener in ihrer Zusammensetzung angepasst werden, so ist dies noch vielmehr der Fall bei den Emails für Thonwaren, da hier noch das grössere oder geringere Schwinden, sowie die chemische Zusammensetzung des Scherbens wohl zu berücksichtigende Momente sind. Wir müssen indessen, da diese Dinge unseren Zielen zu fern liegen, auf ein näheres Eingehen in dieselben verzichten und wollen uns, bezüglich des weiteren auf die be-

*) Thonindustrie-Zeitung 1877, 213 ff.

treffende Fachlitteratur verweisend, darauf beschränken, noch einige Emailkompositionen für die beregten Zwecke hier anzuschliessen.

Für weisses Email zu Ofenkacheln gibt Bastenaire-Daudenart folgende Vorschriften:

5) 44 Teile Kalcine (aus 23 Zinn, 77 Blei),
2 „ Mennige,
44 „ Sand,
8 „ Kochsalz,
2 „ Soda.

6) 45 Teile Kalcine (aus 23 Zinn, 77 Blei),
45 „ gewaschener Quarzsand,
2 „ Mennige,
5 „ Kochsalz,
3 „ Soda.

7) 47 Teile Kalcine (aus 18 Zinn, 82 Blei),
47 „ Sand,
3 „ Kochsalz,
3 „ Soda.

8) 45 Teile Kalcine (aus 18 Zinn, 82 Blei),
45 „ gewaschener Quarzsand,
7 „ Kochsalz,
3 „ Soda.

Eine andere sehr gebräuchliche Zusammensetzung ist:

9) 43 Teile Kalcine (aus 17 Zinn, 83 Blei),
46 „ Sand,
3 „ Mennige,
6 „ Kochsalz,
2 „ Pottasche.

Als ganz vorzüglich, namentlich als haarrissfrei, wird endlich noch empfohlen*):

10) 50 Teile Kalcine (aus 1 Zinn, 4 Blei),
44 „ weisser Quarzsand,
10 „ Kaolin (Porzellanthon),
5 „ Koks (?),
15 „ Borax,
$^1/_{1000}$ „ Kobaltoxyd.

Farbige Emaillen.

Gelbes Email.

91 Volumina weisses Email, Nr. 1 oder 10,
9 „ Neapelgelb (Antimonoxyd),

Graues Email (Steinzeugfarbe).

82 Volumina weisses Email, Nr. 1 oder 10,
18 „ Eisenhammerschlag.

*) Thonindustrie-Zeitung, 1877. 223.

Pistaziengrün.

94 Volumina weisses Email, Nr. 1 oder 10,
4 „ Kupferoxyd,
2 „ Neapelgelb,

Blaues Email.

95 Volumina weisses Email, Nr. 1 oder 10,
5 „ Kobaltoxyd als Schmalte.

Violettes Email.

96 Volumina weisses Email, Nr. 1 oder 10,
4 „ Manganoxyd.

Das Auftragen der Glasuren geschieht auf dem gewöhnlichen Wege des Eintauchens, doch sind dabei immerhin mehrere Umstände zu berücksichtigen.

Um einen gleichförmigen Glasurüberzug und einen gleichen Farbenton zu erhalten, muss die Apsorbtionsfähigkeit des Gegenstandes, also der Verglühgrad sehr genau bestimmt und letzterer stets eingehalten werden.

Für den Fall, dass die gesamte Oberfläche des betreffenden Stücks mit derselben Glasur gleichförmig überzogen werden soll, dürfte dem Gesagten kaum noch etwas hinzuzufügen sein; oft aber soll, beispielsweise bei Gefässen, die äussere Oberfläche eine andere Farbe erhalten, als das Gefässinnere.

In diesem Falle überzieht man entweder zunächst die innere Fläche mit der für dieselbe bestimmten Glasur, indem man diese in das Gefäss giesst und wieder ausleert, oder man trägt auch diese Glasur durch Eintauchen beiderseits auf. Im ersten Falle bringt man sodann dass Gefäss so in die zweite Glasur, dass diese die ganze Oberfläche überziehen kann, ohne in das Innere zu dringen; im zweiten Falle aber bürstet man nach völligem Trocknen die zuerst aufgetragene Glasur von der Aussenseite ab und verfährt dann ebenso.

Diese Operationen erfordern eine sehr grosse Geschicklichkeit des Glasierers, welcher sein Hauptaugenmerk darauf zu richten hat, dass keine farbige Glasur den Rand übersteige und in das Innere des Gefässes fliesse, und dass sie an allen Stellen eine gleich dicke Lage erhalte. Diese Schwierigkeiten wachsen mit der Grösse des Stücks, indem es dann weniger handlich wird. Bei aller Geschicklichkeit und Sorgfalt bleibt es aber doch höchst schwierig, zwischen der farbigen und weissen Glasur eine scharfe Grenzlinie zu erzielen.

Die später aufgetragene Glasur bleibt entweder unter dem Rande der Oeffnung, oder übersteigt denselben etwas, wenn er zurückgebogen ist; man muss daher, wenn jener von Glasur frei geblieben ist, ihn nachträglich mittels eines Pinsels mit solcher überziehen oder die über den Rand hinaus getretene Glasur mit einem Radiermesser und einem steifen Pinsel wegnehmen, und die dadurch glasurlos gewordenen Stellen mit weisser Glasur bedecken.

Dieses Verfahren ist jedoch nur bei hohen Hohlgefässen mit verhältnismässig enger Oeffnung anwendbar; bei flachen Gefässen, wie

Schüsseln, Compotieren, Untertassen u. s. w. wird es zu schwierig, das Innere, oder Teile desselben, welche man weiss erhalten will, vor dem Eindringen der farbigen Glasur zu schützen. Man muss sich dann der Reservagen bedienen, d. h. die Stellen, die weiss bleiben sollen, mit einer fettigen oder harzigen Substanz überziehen. Flüssige, fette Oele dringen ungleich in den verglühten Körper ein, treten über die Konturen aus und erlauben keine scharfe Begrenzung. Besser ist geschmolzener Talg, welcher alsbald nach dem Auftragen erstarrt; am zweckmässigsten jedoch erweist sich*) eine starke Auflösung von Schellack in Weingeist, welche nach Verflüchtigung des letzteren, den Scherben nicht nur sehr gut vor Aufsaugen des Wassers, also auch vor Aufnahme von Glasur schützt, sondern auch erlaubt, die etwa in Tropfen darauf hängengebliebene Glasur mit einem nassen Schwamme wegzunehmen oder nach dem Trocknen mit einer Bürste abzubürsten.

Um diese Reservage zu entfernen, muss dieselbe im Verglühofen ausgebrannt werden. Dadurch bekommt der erste Glasurüberzug auch zugleich soviel Zusammenhang, dass man nun diesen reservieren und das Stück in die weisse Glasur eintauchen kann.

Es ist selbstverständlich, dass auf diese Weise nicht nur ganze Flächen, sondern auch einzelne Partien derselben in beliebigen Umrissen ausgespart werden können; auch empfiehlt es sich aus naheliegenden Gründen, die am meisten in die Augen fallenden Teile bei Tellern, Tassen u. dergl. flachen Gegenständen, also das Innere, bei andern Stücken die äussere Oberfläche, zuerst mit der Glasur zu versehen.

Feinere Dekorationen sind auf diese Weise höchst schwierig auszuführen und man wird solche zweckmässiger unter die Glasur auf den Scherben malen.

Emailmalerei.

Das Malen auf Email hat viel Aehnlichkeit mit dem Malen auf Glas; bei diesem ist es durchfallendes, bei jenem reflektiertes Licht, welches die Wirkungen hervorbringt. Für beide Zwecke bedient man sich verglasbarer Farben, doch müssen die auf Email bestimmten Farben leichtflüssiger sein als die, welche in der Glasmalerei angewendet werden.

Die färbenden Substanzen werden bald nur mit dem Fluss gemengt, bald durch Schmelzen mit diesem verbunden. Das Auftragen der mit Dicköl angeriebenen Farben geschieht wie in der Miniatur- und Aquarellmalerei, mit dem Pinsel.

Der Ton einer Farbe wird in dem Masse, als man die Menge des Flusses vermehrt, heller; der Fluss vertritt also die Stelle des Wassers in der Pastellmalerei.

Die zu leicht schmelzbaren Farben zeigen sich nach dem Verglasen von einer Einfassung umgeben, die von einem höheren Rande als die Mitte gebildet wird; bei Anwendung derartiger Farben ist man der Gefahr ausgesetzt, dass die nebeneinander liegenden Farben ineinander fliessen. Diejenigen, die nach dem Brennen matt geblieben sind und

*) Strele, Porzellanfabrikation.

keinen Glanz zeigen, sind zu hart. Der Maler kann sich also durch einige Versuche, die er selbst nach seinem Bedürfnis modifizieren muss, leicht überzeugen, ob sein Farbenmaterial dem Bedürfnis entspricht oder ob er durch Anwendung von mehr oder weniger, eines leichter oder schwerer schmelzbaren Flussmittels dasselbe verändern muss. Die Farben müssen in dem Augenblicke schmelzen, in welchem das Email der Platte sich erweicht, und in diesem Falle haften sie auch gut.

Als Flussmittel verwendet man nach Salvetat am besten ein verhältnismässig bleiarmes für die Purpur- und Karminfarben und ein bleireiches für alle übrigen Farben. Die Zusammensetzung dieser Flüsse ist:

Flussmittel Nr. 1.

200 Teile Sand,
500 „ Mennige,
75 „ kalcinierter Borax.

Flussmittel Nr. 2 (Purpur- und Karminfluss):

400 Teile Sand,
300 „ Mennige,
600 „ kalcinierter Borax.

Die Substanzen werden innig gemischt, im Tiegel zu einem klaren Glase geschmolzen, auf eine Platte ausgegossen und gepulvert.

Farben für die Emailmalerei.

Aehnlich wie die Farben für die Glasmalerei sind auch diejenigen für die Emailmalerei Metalloxyde oder deren Verbindungen, welche entweder in dem Flussmittel zu einem klaren Glase gelöst, oder in demselben, in diesem Falle eine undurchsichtige Farbe bildend, nur verteilt sind.

I. Gelbe Farben.

1) Neapelgelb. 8 Teile Mennige, 4 Teile antimonsaures Kali, 1 Teil Zinnoxyd. Diese Substanzen werden miteinander gemengt und in der Muffel geglüht. Nach dem Erkalten werden 2 Teile dieses Gemenges und 3 Teile Fluss mit Wasser angerieben.

2) Antimongelb. 1 Teil antimonsaures Kali, 1 Teil Mennige, 2 Teile Fluss Nr. 1.

3) Zitronengelb. 8 Teile antimonsaures Kali, $2^1/_2$ Teile Zinkoxyd und 36 Teile eines Flusses, der aus 5 Teilen Mennige, 2 Teilen Sand und 1 Teil gebranntem Borax bereitet ist, werden zusammengeschmolzen. Wenn man dies Gemenge zu langsam erhitzt, so erhält man eine schmutziggraue Farbe; der rechte Zeitpunkt das Schmelzen zu unterbrechen, ist, wenn die Masse eine teigige Beschaffenheit angenommen hat.

4) Gelb zu Mischfarben. 2 Teile antimonsaures Kali, 1 Teil Eisenoxyd, 10 Teile Fluss Nr. 1.

5) Wachsgelb. 1 Teil antimonsaures Kali, 2 Teile Sand, 9 Teile Bleiglätte, 2 Teile Terrasiena.

6) Dunkelgelb. 12 Teile Mennige, 4 Teile Sand, 4 Teile antimonsaures Kali, 2 Teile gebrannten Borax, 1 Teil Zinkoxyd und $1^1/_4$ Teile Kolkothar schmilzt man nur solange, bis eine teigige Masse entstanden ist.

7) Ockergelb. Gleiche Teile Zink und Eisen löst man, jedes für sich, in möglichst wenig Salzsäure, vereinigt die Lösungen, verdünnt mit Wasser und fällt mit Soda. Den Niederschlag sammelt man auf dem Filter und wäscht ihm solange aus, bis er infolge sich vollziehender Oxydation eine rein gelbe Farbe angenommen hat. Dann trocknet man ihn, mengt ihn mit dem doppelten Gewicht Kochsalz und erhitzt das Gemenge längere Zeit hindurch bis zur dunkeln Rotglut, worauf man das Kochsalz auswäscht und den nunmehr schön orangegelben Rückstand trocknet. Die Farbe selbst erhält man aus 1 Teil dieses Oxydgemenges und 2 Teilen Flussmittel Nr. 1.

II. Rote Farben.

8) Purpurrot. 1 Teil frisch ausgewaschener Goldpurpur und je nach der gewünschten Intensität des Farbentons, 2 bis 6 Teile Fluss Nr. 2.

9) Dunkel-Violett. 1 Teil feuchter Goldpurpur und 2 Teile Fluss Nr. 2. Zuweilen setzt man noch ein wenig Schmalte oder eine andere blaue Farbe hinzu.

10) Karminrot. Man schmilzt 1 Teil Chlorsilber mit 10 Teilen Fluss Nr. 2, schreckt ab, zerreibt und setzt diesem Glase 1 Teil der Purpurfarbe Nr. 8 hinzu. Wenn die Purpurfarben in der Muffel gelingen sollen, so muss man ihnen die richtige Hitze geben; diese würde zu stark gewesen sein, wenn die Farbe in Hellblau übergegangen wäre; zu schwach, wenn der Ton sich ins Mattbraune zöge.

11) Rot. Die roten Farben, mit Ausnahme der durch Gold hervorgebrachten, werden mittels Eisenoxyd erhalten, mit welchem sich alle Mittelstufen zwischen Gelb und Violettrot hervorbringen lassen. Man glüht das folgende, auf einer Eisenplatte ausgebreitete, Gemenge in einer Muffel solange, bis die rote Farbe zum Vorschein kommt. — 4 Teile schwefelsaures Eisenoxyd und 1 Teil Alaun. — Nach dem Erkalten zerreibt man die Masse mit Wasser und wäscht sie wiederholt aus; 1 Teil des trockenen Rückstandes und 1 Teil Fluss Nr. 1 miteinander verrieben liefern Rot; mit 2 Teilen Fluss gemengt erhält man Fleischrot.

Im übrigen vergleiche man, was über die Eisenrot unter den entsprechenden Farben für die Glasmalerei gesagt ist. Man wird dieselben Nüancen, welche dort das Eisenoxyd lieferte unter Anwendung des Flusses für die Emailmalerei auch für diese erhalten können.

III. Braune Farben.

12) Braun. Die braunen Farben werden entweder mit Eisenoxyd, welches solange geglüht wird, bis es violett geworden ist, oder auch mittels eines Gemenges von gleichen Teilen Eisen-, Mangan-, Kobalt- und Kupferoxyd dargestellt. 1 Teil eines solchen Gemenges wird dann mit 3 bis 6 Teilen Fluss Nr. 2 angerieben.

13) Nelkenbraun. Brauner Ocker wird mit Kobaltoxyd, oder gelber Ocker mit Terrasiena verrieben und mit Fluss Nr. 2 versetzt.

14) Kapuzinerbraun. Man fällt aus einer wässerigen Lösung von Manganchlorür durch kohlensaures Kali Manganoxyd, lässt absetzen, dekantiert, wäscht das braune Pulver ab, trocknet und mengt es mit 1 Teil Fluss Nr. 2.

15) Haarbraun. Man mengt 15 Teile braunen Ocker mit 1 Teil Kobaltoxyd und glüht bis der gewünschte Ton erscheint; 1 Teil dieses braunen Pulvers versetzt man mit 1 Teil Fluss Nr. 2; ein Zusatz von Manganoxyd macht die Farbe dunkler.

Man vergleiche übrigens betreffs der zweckmässigen Darstellung der für die braunen Farben zur Anwendung kommenden Oxydgemenge das bei den braunen Farben für Glasmalerei Gesagte.

IV. Schwarze und graue Farben.

Schwarze und graue Farben werden aus Gemengen derselben Oxyde mit dem Flussmittel erhalten; beide unterscheiden sich lediglich durch das Verhältnis jener zu diesen.

Es gibt viele Vorschriften zu Oxydgemengen, welche das Schwarz liefern, man reicht indessen mit einem solchen aus Eisenoxyd und Kobaltoxyd, dessen Darstellung unter Nr. 3 der schwarzen Farben für Glasmalerei eingehender besprochen wurde, für die Zwecke der Emailmalerei vollkommen aus. Von diesem Oxydgemenge mischt man zu:

16) Schwarz. 1 Teil Eisen-Kobaltoxyd, 2 Teile Flussmittel Nr. 1.

17) Grau. 2 Teile Eisen-Kobaltoxyd, 11 Teile Flussmittel.

V. Blaue Farben.

Die blauen Farben enthalten als Hauptbestandteil Kobaltoxyd; sein Färbungsvermögen ist so stark, dass eine kleine Menge davon genügt, um tiefblaue Töne zu erhalten. Das Kobaltoxyd färbt das Glas nur dann blau, sofern es beim Schmelzen aufgelöst wird.

18) Indigoblau. Man mengt und schmilzt 1 Teil schwarzes Kobaltoxyd mit 5 Teilen Flussmittel Nr. 1.

19) Türkisblau. Ist identisch mit dem Blau Nr. 13 für Glasmalerei.

20) Azurblau. 1 Teil Kobaltoxyd, 2 Teile Zinkoxyd, 8 Teile Fluss Nr. 1 geschmolzen; das Blau wird tiefer, wenn man etwas weniger Fluss nimmt.

21) Himmelblau. 1 Teil Kobaltoxyd, 2 Teile Zinkoxyd, 15 Teile Fluss Nr. 1 geschmolzen.

22) Veilchenblau. 2 Teile Himmelblau, 1 Teil Violett Nr. 9 geschmolzen.

VI. Grüne Farben.

Obgleich man durch Vermischen von Blau und Gelb Grün erhält, so macht man in der Emailmalerei hiervon doch fast niemals Gebrauch weil man unmittelbar aus dem Chromoxyd für sich allein und in Mi-

schung mit Kobalt-, Eisen- und Zinkoxyd weit schönere grüne Farben darstellen kann. Ueber die Darstellung des Chromoxyds vergleiche man das Grün Nr. 19 für Glasmalerei.

23) Grasgrün. 1 Teil Chromoxyd und 2 Teile Fluss Nr. 1 gemengt.

24) Dunkelgrün. Von einem Gemisch aus 2 Teilen Chromoxyd, 1 Teil Kobaltoxyd, 1 Teil Zinkoxyd oder Thonerdehydrat bereitet, wie unter Nr. 19 des Glasmalergrün angegeben, wird 1 Teil Oxydgemenge mit 2 Teilen Flussmittel Nr. 1 zusammengerieben.

25) Bläulichgrün. 3 Teile Chromoxyd, 1 Teil kohlensaures Kobaltoxydul, präpariert wie oben und gemischt mit 8 Teilen Flussmittel Nr. 1.

26) Blaugrün. 2 Teile Chromoxyd, 1 Teil Kobaltoxyd, präpariert wie oben und gemischt mit 6 Teilen Flussmittel Nr. 1.

27) Schwarzgrün. 4 Teile Chromoxyd, 2 Teile Kobaltoxyd, 3 Teile Eisenoxydhydrat, präpariert wie oben und gemischt mit 18 Teilen Flussmittel Nr. 1.

VII. Weisse Farben.

Die weissen Farben finden in der Emailmalerei nur geringe Anwendung, da bei dem gewöhnlich vorhandenen weissen Grunde weisse Partien ausgespart und selbst Lichter mit Leichtigkeit ausgehoben werden können. Ihrer Natur nach sind die weissen Farben selbst wieder leichtflüssige weissopake Emails, erhalten durch Verschmelzen zinnhaltigen Bleioxyds mit Sand zu einem Glase, z. B.:

28) Weiss. 15 Teile Kalcine aus 5 Blei und 3 Zinn, 5 Teile Mennige, 10 Teile Sand, 2 Teile Salpeter.

29) Weiss. 35 Teile Kalcine aus 2 Blei und 1 Zinn, 4 Teile Mennige, 10 Teile Sand, 4 Teile Salpeter.

30) Weiss. 20 Teile Kalcine aus 2 Blei und 1 Zinn, 2 Teile Mennige, 5 Teile Sand, 3 Teile Salpeter.

Zwanzigstes Kapitel.

Strass, künstliche Edelsteine oder Amausen, Glaspasten, Gemmen, Kameen.

Die Imitation natürlicher Ganz- und Halbedelsteine aus Glas ist schon zu so frühen Zeiten geübt worden, dass Lobmeyr*) es die uralte Mission des Glases nennt, diesem Zwecke dienen zu müssen. Scheint doch die Thatsache, dass das Glas der Alten bis auf die spätere römische Kaiserzeit fast nur in Gestalt farbiger Massen sich darbietet, dafür zu sprechen, dass man den Wert des Materials vorzugsweise in seiner Aehnlichkeit mit den geschätzten Produkten des Mineralreichs gefunden haben möchte. Es existieren aber nicht nur zahlreiche Belagstellen kontemporärer Schriftsteller**) dafür, dass das Glas in der That zu solchen Nachahmungen zielbewusst verwendet worden sei; auch in betrügerischer Absicht scheint die Fabrikation solcher künstlicher Edelsteine schon damals betrieben worden zu sein, denn man erzählt, dass selbst des Kaisers Galienus (260 bis 268) Gemahlin Salonina falsche Perlen getragen, welche ihr als echte verkauft worden. Ganz erloschen scheint diese Kunst auch niemals gewesen zu sein, denn Heraclius sowohl wie Theophilus wissen davon zu erzählen und war schon zu des ersteren Zeiten die Verwendung des Bleiglases *(plumbum vitrum, scilicet Iudeum)* zu den genannten Zwecken in Italien heimisch. Wie man hiernach einerseits den Juden die Erfindung des Bleiglases überhaupt zuschreiben will, so scheinen anderseits***) diese spekulativen Leutchen während des ganzen Mittelalters sich ganz besonders gern mit der Erzeugung falscher Edelsteine aus Glasflüssen befasst zu haben.

*) a. a. O. p. 92.

**) So erzählt u. a. Seneca, dass ein gewisser Democritos Smaragde täuschend nachgemacht habe.

***) Lobmeyr, a. a. O. p. 8.

In den folgenden Jahrhunderten tritt die Verwendung des Bleiglases für den vorliegenden Zweck immer mehr in den Vordergrund und es wurde die Komposition desselben jenem immer mehr angepasst, bis gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts der Wiener Juwelier Josep Strasser die Zusammensetzung des hierzu ganz besonders geeigneten Glasflusses fand, welcher in der Folge von ihm den Namen Strass erhielt.

Von nun an bildet dieser Strass die Grundlage für die Fabrikation der künstlichen Edelsteine; seiner Natur nach ist derselbe ein sehr bleireiches Glas, welches sich von allen übrigen Glasarten durch sein grosses spezifisches Gewicht und durch sein hohes Lichtbrechungsvermögen auszeichnet.

Um die Ausbildung dieses Zweigs der Glasfabrikation hat sich besonders Douault-Wieland die grössten Verdienste erworben, und seitdem ihm 1819 für die Mitteilung seiner Methoden zur Darstellung künstlicher Steine von der *Société d'encouragement* zu Paris der Preis zuerkannt worden, hat diese Kunst in Frankreich so grosse Fortschritte gemacht, dass die französischen Produkte diejenigen Deutschlands, welches lange Zeit hindurch den Vorrang in diesem wichtigen Handelsartikel behauptete, an Schönheit weit übertreffen. In der That besitzen gegenwärtig die künstlichen Edelsteine nicht selten einen Glanz, ein Feuer, die dem des echten Diamants sehr nahe kommen und es schwer machen die Imitationen von diesem zu unterscheiden. Doch ist in den Eigenschaften des Glases ein Nachteil begründet, der diese unechten Steine niemals zu einer allgemeinen Anwendung kommen lässt, denn das bleireiche Glas ist zu weich, als dass es längere Zeit der Abnutzung widerstehen könnte.

Die Materialien, aus denen der Strass, als die Grundlage der künstlichen Edelsteine, zusammengesetzt wird, sind: Kieselsäure, in der Form von Bergkristall, Quarz oder weissem Sande, Mennige, Kali, Borsäure und arsenige Säure, zuweilen auch Bleiweiss statt der Mennige, und Borax statt der Borsäure. Haupterfordernis zur Erzeugung eines guten Strass ist die absolute Reinheit dieser Körper, auf deren Darstellung man daher auch die grösste Sorgfalt verwendet.

Am besten eignet sich Bergkristall, der fein gepulvert und gesiebt werden muss; dann Quarz, von welchem man nur solchen wählt, der auch nach dem Glühen seine weisse Farbe behält. Bis zu einem gewissen Punkte kann weisser Sand jene beiden Körper ersetzen, besonders wenn er zuvor mit Salzsäure behandelt, gewaschen und wieder getrocknet worden ist, Feuerstein, der stets ein gelbliches Produkt liefert, würde sich nur dann anwenden lassen, wenn es sich um Herstellung von kleinen oder mittelgrossen Steinen handelt, bei deren Schnitt die Farbe weniger bemerkbar wird, als es bei grossen Steinen der Fall sein würde.

Das Kali muss aufs sorgfältigste gereinigt sein; Douault empfiehlt sogar dessen Reinigung durch Alkohol.

Als Borsäure gibt man der aus künstlichem Borax vor der aus natürlichem erhaltenen den Vorzug, weil letztere sehr häufig eine fettige Materie enthält, die, wenn sie verkohlt, dem Glase leicht eine gelbliche Farbe erteilt; das beste ist die Borsäure vor ihrer Anwendung zu

schmelzen und dann zu pulvern, indem hierdurch überhaupt etwa vorhandene organische Stoffe zerstört werden.

Das Bleioxyd (Mennige oder Bleiweiss) muss vollkommen rein sein, namentlich darf dasselbe weder Zinn- noch Kupferoxyd enthalten; ersteres würde das Glas milchig trüben, letzteres ihm eine grünliche Farbe erteilen; Bleiweiss und Mennige, letztere nachdem sie geglüht worden, müssen sich vollkommen in reiner Salpetersäure auflösen; ein weisser Rückstand zeigt entweder geradezu eine Verfälschung, oder doch einen Gehalt von Zinnoxyd; die möglichst neutrale Lösung darf durch Blutlaugensalz nicht rot werden, sonst ist Kupfer vorhanden.

Auch die arsenige Säure (weisser Arsenik) muss rein sein; genau genommen ist sie ganz entbehrlich, besonders bei Anwendung von Mennige, und wenn sonst keine organischen Stoffe vorhanden sind.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Beschaffenheit der Tiegel, in welchen die Materialien geschmolzen werden; sie dürfen an die schmelzende Masse nichts abgeben, was sie färben oder überhaupt verändern könnte; im allgemeinen eignen sich die Grossalmeroder Tiegel sehr gut zu dieser Operation. Porzellantiegel, die man wohl früher gebrauchte, sind weniger zu empfehlen, indem sie im Feuer so häufig springen; vielleicht wäre es am besten die Tiegel aus reinem Thone mit einem angemessenen Zusatz von Kieselsäure anzufertigen.

Das Schmelzen der Materialien geschieht stets in verhältnismässig kleinen Partien bei recht langsam gesteigerter aber wohl 24 bis 30 Stunden andauernder Hitze; je langsamer und ruhiger dasselbe vor sich geht, um so härter und schöner wird der Strass.

Sorgfältigste Kühlung ist nicht weniger Hauptbedingung zur Erzielung eines vorzüglichen Produkts.

Man hat zahlreiche Vorschriften zur Darstellung von Strass; man dürfte jedoch mit den folgenden vier von Douault-Wieland gegebenen vollkommen ausreichen, jedenfalls aber im stande sein, dieselben dem jedesmaligen Bedürfnisse anzupassen.

	1.	2.	3.	4.
Bergkristall	300	300	—	—
Mennige	470	462	—	—
Kalihydrat	163	168	96	105
Borax	22	18	27	50
Arsenige Säure . . .	1	0,5	1	1
Weisser Sand . . .	—	—	300	717
Bleiweiss	—	—	514	709

Hierzu bemerkt jedoch Benrath*), dass die von Dumas**) gegebene Analyse eines Douaultschen Strass auf keinen dieser Sätze passe, falls man supponiere, dass Douault geschmolzenes Kalihydrat angewendet habe. Dumas fand nämlich in dem untersuchten Material

*) Glasfabrikation 211.

**) Chimie appliquée aux arts. Art. „Verre".

Kieselsäure	38,2
Bleioxyd	53,0
Kali	7,8
Thonerde	1,0
Arsen und Borsäure . .	Spuren
	100,00

während allerdings von den oben angeführten Gemengen Nr. 1 und 2 ziemlich übereinstimmend

Kieselsäure	32,9
Bleioxyd	49,9
Kali	15,1
Natron	0,6
Borsäure	1,5
	100,0

rechnungsmässig liefern. Benrath schliesst daher, dass Douault nicht geschmolzenes Kalihydrat *(KO, HO)*, sondern kristallisiertes *(KO, 5HO)* angewendet habe, unter welcher Annahme allerdings die Gemenge 1 und 2 in genügender Uebereinstimmung mit der Dumasschen Analyse ergeben werden

Kieselsäure	35,5
Bleioxyd	53,9
Kali	8,3
Natron	0,7
Borsäure	1,6
	100,0

Hiermit sind aber die Gemenge 3 und 4 ebensowenig in Uebereinstimmung zu bringen wie zahlreiche andere teils von Douault, teils von andern herrührende Vorschriften. Loysel gab die nachstehende:

Sand	100—110
Mennige.	300
Feinste kalcinierte Pottasche .	60—70
Kalcinierter Borax	20
Arsenik	2

mit der Bemerkung, dass das hieraus erschmolzene Material das spezifische Gewicht des Diamants besitze. Bastenaire endlich schreibt vor

Strass Nr. 1.

Sand	100
Mennige	40
Pottasche	24
Borax	20
Salpeter	12
Braunstein	0,4

Strass Nr. 2.

Sand	100
Mennige	140

Pottasche	32
Borax	12
Arsenik	0,6

und als Grundlage für farbige Steine

Strass Nr. 3.

Sand	25
Mennige	50
Pottasche	7
Salpeter	8

Strass Nr. 4

Sand	25
Mennige	60
Pottasche	4
Borax	5
Arsenik	$^1/_6$ — $^1/_2$
Braunstein . . .	$^1/_{10}$

Strass Nr. 5.

Sand	25
Mennige	55
Pottasche	10
Borax	8
Salpeter	5

Zur Nachahmung von Diamanten wird der Strass für sich verarbeitet, zu der von andern Edelsteinen erteilt man ihm durch ein färbendes Oxyd die entsprechende Farbe.

Topas. Der natürliche Topas bildet vorherrschend prismatische Kristalle; er ist bisweilen farblos, meist gefärbt weiss bis wein- und honiggelb, rötlich bis rosen- und hyacinthrot, bläulich bis violettblau, grünlich bis berg-, seladon- und spargelgrün, und führt hiernach bei den Juwelieren verschiedene Namen; als der eigentliche Topas gilt der honiggelbe brasilianische Topas, der darum auch der geschätzteste ist. Dieser hat, nach Berzelius, die folgende Zusammensetzung:

Thonerde	58,38
Kieselsäure . . .	34,01
Fluor	7,79
	100,18

Wird dieser Topas stark erhitzt, so verwandelt sich seine gelbe Farbe in rosen-, hyacinthrot und zuletzt in violett; sein spezifisches Gewicht = 3,4 bis 3,6; er ritzt Quarz, wogegen der künstliche Topas vom Quarz geritzt wird.

Die von Douault angewendeten Verhältnisse sind:

Strass Nr. 1 . . .	1000 Teile,
Spiessglanzglas . .	40 „
Goldpurpur	1 „

Zuweilen bleibt das Glas trübe und wird nur an den Rändern durchscheinend, in solchem Falle wendet man es zum Rubin an.

Rubin. Unter diesem Namen begreift man uneigentlich den orientalischen, brasilianischen, böhmischen, bayerischen u. s. w. Rubin, während der Spinell der Steinschneider allein mit diesem Namen bezeichnet werden sollte.

Der Rubinspinell wird sehr hoch geschätzt, er kommt von der Insel Ceylon, aus Pegu und einigen andern Ländern des Orients. Je nach seiner Grösse steigt der Wert eines Steins von einem Karat von 150 bis zu 3000 Mark, wenn der Stein das Gewicht von 6 Karat erreicht; er besitzt Glasglanz und ist durchscheinend bis durchsichtig; er ritzt Topas, wird aber vom Saphir geritzt, gewöhnlich kristallisiert er in Oktaedern oder in Kombinationen mit diesen, in Rhombendodekaedern; sein Bruch ist muschelig; seine Farbe rot, besonders karminrot, bläulichrot bis blau, braun, gelb, farblos; spezifisches Gewicht 3,5 bis 3,6; für sich vor dem Lötrohr unschmelzbar. Nach einer Analyse von Abich besteht der Rubinspinell in 100 Teilen aus:

Kieselsäure	2,02
Thonerde	69,01
Bittererde	26,21
Eisenoxydul . . .	0,71
Eisenoxyd	1,10

Wenn man die Kieselsäure, sowie auch das Eisen als mehr zufällige Bestandteile ansieht, so lässt sich die Zusammensetzung des Spinells durch die Formel MgO, Al_2O_3 ausdrücken. Der als Edelstein geschätzte Spinell hat nach den Farben verschiedene Namen erhalten, indem der hochrote wegen der Aehnlichkeit mit Rubin, Rubinspinell, der blassrote Ballasrubin, der bräunlichrote wegen der Aehnlichkeit mit gewissen Granaten Almandin, und der gelblichrote Rubicell genannt wird.

Zur Herstellung von künstlichem Rubin schmilzt man:

1 Teil undurchsichtige Topasmasse und
8 „ Strass

zusammen; man erhält hieraus einen schönen gelben Stein, der vor dem Lötrohr behandelt sich in Rubin verwandelt. Einen weniger schönen und auch in der Farbe von dem vorigen verschiedenen Rubin erhält man durch Zusammenschmelzen von 40 Teilen Strass mit 1 Teil reinstem Braunstein.

Ein älteres böhmisches Verfahren zur Darstellung des künstlichen Rubins, das aber wegen des gänzlichen Fehlens des Bleis im Satze nur wenig glänzende Steine liefern kann, ist folgendes. Man glüht in einem offenen Hafen von 6 l Inhalt unter Umrühren und bei schwachem Feuer ein Gemenge von 36 Teilen weissem Sande, 16 Teilen Salpeter, 8 Teilen Borax, 1 Teil weissem Arsenik und 1 Teil Kremortartari. Sobald die Masse rotglühend geworden ist, bedeckt man den Hafen, gibt noch einige Zeit Feuer, und bringt dann den Tiegel in einen Keller, wo er sechs Tage stehen bleibt, hierauf zerschlägt man den Hafen und sammelt das unvollkommen geschmolzene Produkt.

Anderseits schmilzt man 32 Teile Sand, 16 Teile Salpeter, 24 Teile Borax und 5/4 Teile weissen Arsenik. Nachdem alles niedergeschmolzen, wird das Glas geschreckt, fein gepulvert und mit der obigen Fritte

unter Zusatz von 1/2 Teil Goldpurpur umgeschmolzen. Man zieht dieses Glas in dicke Stäbe aus, die man, nachdem sie erwärmt wurden, dem Rauche von Birken- und Tannenrinde aussetzt. Dass dieses Räuchern lediglich das Anlaufenlassen des gebildeten Goldrubins bezweckt und daher durch einfaches Anwärmen ersetzt werden kann, bedarf nach früheren Erörterungen keiner besondern Begründung.

Smaragd. Der Smaragd ist derjenige Edelstein, der seinem Werte nach auf den Rubin folgt. Die schönsten Smaragde kommen aus Peru; sie besitzen eine eigentümliche mehr oder weniger blaugrüne Farbe, und sind fast ebenso hart als der Topas; das spezifische Gewicht variiert zwischen 2,6 und 2,77, vor dem Lötrohre ist er kaum schmelzbar, und seiner Zusammensetzung nach ein Silikat von Thonerde und Baryterde. Nach einer Analyse von Schlieper besteht der südamerikanische Smaragd in 100 Teilen aus:

Kieselsäure	69,51
Thonerde	14,49
Baryterde	15,41
Kalkerde und Bittererde	1,64
	101,05

Der peruanische Smaragd ist durch etwas Chromoxyd, der russische und brasilianische hellgrüne Smaragd durch Eisenoxyd gefärbt. Ausserdem unterscheidet man noch: blaugrauen Smaragd, den Beryll der Steinschneider, honiggelben und Schillersmaragd.

Künstlichen Smaragd erhält man durch Schmelzen eines innigen Gemenges von

1000 Teilen Strass,
8 „ Kupferoxyd und
1/5 „ Chromoxyd.

Durch Vermehrung der Metalloxyde wird die Farbe dunkler.

Der Saphir kommt in mehreren Varietäten vor, unter denen die dunkleren roten den orientalischen Rubin, die klaren blauen den eigentlichen Saphir der Steinschneider bilden; beide gehören zu den kostbarsten Edelsteinen und sind in ihrer Zusammensetzung im wesentlichen identisch, nämlich reine kristallisierte Thonerde. Man rechnet auch den Amethyst und den Sternstein zu den Saphiren; letzterer zeigt, im Sonnenlichte betrachtet, in seiner Mitte das Bild eines Sterns. Im Werte folgt der Saphir unmittelbar auf den Diamant und ist nächst diesem auch das härteste Mineral; sein spezifisches Gewicht ist 3,9 bis 4,0; er ist nur im Sauerstoffgasgebläse schmelzbar und wird von keiner Säure angegriffen.

Der blaue Saphir ist von Klaproth, der rote von Chenevix untersucht worden.

	Blauer	Roter
Thonerde	98,0	90,5
Kalk	0,5	7,0
Eisenoxyd . . .	1,0	1,2
Verlust	0,5	1,3
	100,0	100,0

Künstlichen Saphir setzt man aus:

Strass	1000	und
Schmalte . . .	15	

zusammen; man lutiert den Tiegel und setzt ihn 30 Stunden dem Feuer aus.

Der Amethyst ist ein violetter, mehr oder weniger dunkler, zuweilen, aber selten, auch rosenroter, und oft mit streifigen Zeichnungen versehener Bergkristall, der seine Farbe einem sehr geringen Mangangehalt verdankt und deren Schönheit wegen als Schmuckstein benutzt wird. Sein Name αμέϑυστος stammt aus dem Griechischen und ist abzuleiten von μέϑυειν (betrunken sein) und dem verneinenden ἀ, weil dieAlten diesen Stein, als Amulet getragen, für ein Mittel gegen die Trunkenheit hielten. Künstlich setzt man den Amethyst aus:

Strass . . .	1000	Teile,
Manganoxyd . .	8	„
Kobaltoxyd . .	5	„
Goldpurpur . .	0,2	„

zusammen.

Der Aquamarin ist eine Abart des Berylls und wird durch Verschmelzen von

Strass . . .	1000	Teile,
Spiessglanzglas .	7	„
Kobaltoxyd . .	0,4	„

nachgeahmt.

Granat. Es gibt sehr viele Arten von Granaten; alle aber bestehen aus einem Thonerdesilikat, in welchem jedoch die Thonerde zuweilen durch Eisenoxyd oder Chromoxyd vertreten ist, verbunden mit einem Kalk-, Bittererde-, Manganoxydul- oder Eisenoxydulsilikate. Der sogenannte syrische Granat, früher als Karfunkel bezeichnet, besitzt eine lebhaft rote Farbe und besteht nach Thenard in 100 Teilen aus:

Kieselsäure . .	38,0
Thonerde . . .	20
Eisenoxyd . . .	42

sein spezifisches Gewicht ist 3,8 bis 4,2.

Künstlich erzeugt man diesen Stein durch Schmelzen des nachstehenden Gemenges:

Strass	1000
Spiessglanzglas . . .	500
Manganoxyd	4
Goldpurpur	4

Die verschiedenen Opale, Gemenge von amorpher und kristallinischer Kieselerde, werden nachgeahmt, indem man dem farblosen oder gefärbten Strass eine gewisse Menge Zinnoxyd zusetzt.

Nach Bastenaire soll man zu dem Ende

Sand	25
Mennige	20
Pottasche . . .	10
Salpeter	2
Zinnoxyd . . .	16

zusammenschmelzen. Der Zusatz von Zinnoxyd erscheint indessen viel zu hoch und würde derselbe ein gänzlich undurchsichtiges Email liefern, während für ein opalisierendes Glas 1 bis 2 Prozent Zinnoxyd als genügend erscheint.

Um schöne künstliche Edelsteine zu erhalten, muss man nicht allein, wie schon genügend hervorgehoben, die reinsten Materialien und diese in passenden Verhältnissen anwenden, sondern überhaupt mit vieler Umsicht verfahren. Eines der unentbehrlichsten Erfordernisse ist, die Ingredienzien aufs feinste zu pulvern; jeder Satz muss sein besonderes Sieb haben; die Temperatur muss nach und nach gesteigert und auf ihrem Maximum konstant erhalten werden; die Masse soll, damit sie sich gehörig läutere, nicht unter 30 Stunden im Fluss erhalten, und der Tiegel nur langsam abgekühlt werden. Nach dem Abkühlen nimmt man die Tiegel aus dem Ofen, zerschlägt sie und liest die Glasbrocken aus, die dann zerteilt, zerschnitten und geschliffen werden.

Zuweilen gibt man grossen Steinen eine erste rohe Gestalt durch Erweichenlassen in Formen, wie dies bei den optischen Linsen beschrieben wurde oder durch Pressen mittels Zangen, deren Backen die Stelle einer Form vertreten.

Ausser den hier besprochenen Edelsteinimitationen kommen im Handel undurchsichtige gefärbte Glaspasten vor, welche teils zur Nachahmung der aus echten Steinen geschnittenen Gemmen und Kameen, teils zu den verschiedenartigsten Gegenständen als: Bechern, Flakons, Schalen, Mörsern, Leuchtern, Stockknöpfen, Messer-, Gabel-, Säbel-, Dolchgriffen u. dergl. benutzt werden. Sie erhalten meist ihre Namen nach den Steinen, denen sie gleichen, z. B. Aventurin, Lasurstein, Chrysopras, Türkis, Obsidian u. a. Sie werden vorzugsweise in Venedig und auf Mureno verfertigt, und kommen gewöhnlich in Broten in den Handel, in welcher Form sie von den Hütten, die auf deren Darstellung nicht eingerichtet sind, oder von den Künstlern, die sie weiter verarbeiten, angekauft werden.

Die dünnen runden Kuchen oder Brote erhält man auf die Weise, dass man mittels eines Hefteisens oder einer Pfeife von dem geschmolzenen Glase die erforderliche Menge aus dem Hafen nimmt und unter beständigem Drehen des Eisens auf eine eiserne Platte aufdrückt. Gewöhnlich tragen die Brote an der Stelle, wo sie vom Eisen abgetrennt wurden, einen Fabrikstempel.

Eingehend auf einige dieser Glasflüsse sei hier zunächst des Aventurin gedacht, einer Nachahmung eines in der Natur vorkommenden Minerals gleichen Namens.

Das letztere ist eine rötlich braune Variation des Quarzes, welche durch zarte Sprünge, durch welche die Lichtstrahlen mannigfaltig gebrochen werden, einen Goldschimmer erhält. Man findet ihn am Ural, in Steiermark, in der Gegend von Madrid u. s. w. und verarbeitet ihn zu Ringsteinen, Dosen, Ohrgehängen u. dergl.

Seit dem Anfange des XVIII. Jahrhunderts kam von Venedig aus eine Nachahmung dieses Minerals in den Handel, dessen Herstellung bis in die neueste Zeit als tiefes Geheimnis behandelt wurde, dessen Schönheit aber aus Beliebtheit zu zahlreichen Nachbildungsversuchen ermunterte.

Zu dem Ende schmolz man 15 kg Strass mit 100 g stark geglühtem Eisenoxyd zu einem durchsichtigen, dunkel gelbbraunen Glase. Nachdem man dasselbe geschreckt und in ein feines Pulver verwandelt hatte, nahm man von diesem eine kleine Menge und verrieb sie mit 100 Blättchen Blattgold, den Rest des Glases mengte man mit 1 kg Antimonglas, schmolz und setzte dem flüssigen Glase unter Umrühren mit einem eisernen Stabe das feinzerteilte Gold hinzu. Zahlreiche Analysen der künstlichen Aventurins gaben dessen Zusammensetzung wie folgt:

	Nach Hautefeuille			Nach Levol	Nach Peligot	Nach Schnedermann	Nach Kirsten
	1	2	3	4	5	6	7
Kieselsäure	61,6	60,39	60,66	60,5	67,7	65,2	67,3
Kali	21,0	5,70	21,92	22,0	5,5	2,1	5,3
Natron		11,31			7,1	8,2	7,0
Kalk	5,9	8,61	8,63	6,8	8,9	8,0	9,0
Magnesia	—	0,08	—	—	—	4,5	—
Thonerde	2,3	3,71	—	2,2	—	—	—
Eisenoxyd	4,2	2,50	4,90	3,7	3,5	6,5	3,7
Manganoxydul	—	0,21	—	—	—	—	—
Zinnoxyd	—	2,48	—	—	2,3	Spur	2,3
Metall. Kupfer	—	—	—	—	3,9	—	—
Kupferoxydul	5,0	4,05	3,89	4,8	—	3,0	5,0
Bleioxyd	—	0,69	—	—	1,1	—	1,0
Phosphorsäure	—	—	—	—	—	1,5	—

Wöhler hat zuerst die Ansicht ausgesprochen, das die im künstlichen Aventurin verteilten glänzenden Flitter als metallisches Kupfer anzusehen seien und die in manchen Kupferschlacken vorkommenden ähnlichen Metallausscheidungen schienen diese Ansicht zu bestätigen In der That erhielten auch Fremy und Clemandot einen Aventurin, wenn auch von ungenügender Beschaffenheit, als sie 300 Teile Glas mit 40 Teilen Kupferoxydul und 80 Teilen Eisenoxydul zusammenschmolzen. Vergleicht man indessen die hier angewendeten Mengen der Metalloxyde mit den bei den Analysen gefundenen, so leuchtet sofort ein, dass die von den Experimentatoren gewählten Verhältnisse nicht die richtigen sein konnten.

Am eifrigsten beschäftigte sich Pettenkofer mit dem vorliegenden Gegenstande und es gelang ihm, wie dies bei Besprechung des Kupferrubinglases eingehender dargelegt, die Reproduktion des Aventurins in vorzüglicher Weise, wenn er auch, entgegen den Ansichten Wöhlers, die indessen durch die späteren Arbeiten Ebells und Müllers ihre volle Bestätigung erhielten, die ausgeschiedenen Flitter nicht für metallisches Kupfer, sondern für kieselsaures Kupferoxydul hielt.

Derselben Ansicht war Hautefeuille, welcher sich einige Jahre

nach Pettenkofer mit der Herstellung des Aventurins beschäftigte. Er empfahl hierzu eins der nachstehenden Gemenge*).

	1.	2.
Glas von St. Gobain	2000	1200
Salpeter	200	200
Kupferhammerschlag**) . . .	125	125
Eisenoxyd	60	—
Sand	—	600
Soda	—	650

	3.
Sand	1500
Kreide	357
Soda	801
Pottasche	143
Salpeter	200
Kupferhammerschlag**) .	125

dem man nach der Läuterung 38 Teile Eisenfeile in kleinen Portionen zusetzen soll. Nach dem letzten Zusatz wird das vorher dünnflüssige Glas blutrot und breiig, dann schliesst man den Tiegel mit einem Deckel, unterbricht den Zug des Ofens, überschüttet den Tiegel mit heisser Asche und lässt so den Tiegel im Ofen sehr langsam erkalten. Am folgenden Tage ist das Glas in Aventurin umgewandelt.

Ebell***) selbst empfiehlt folgendes Verfahren, indem er ausdrücklich bemerkt, dass eine bestimmte Mischung des Glases nicht notwendige Bedingung für das Gelingen sei, da sowohl mit und ohne Bleioxyd in den wechselndsten Verhältnissen befriedigende Resultate erhalten würden.

I.		II.		III.	
Sand . . .	150	Sand . . .	67,3	Sand	80
Kreide . .	35,5	Kalk . . .	9	Kalk	8
Kalcin. Soda	80	Bleiglätte . .	1	Kohlens. Natron	18
Pottasche . .	14	Kohlens. Natron	12	Kohlens. Kali .	9
Salpeter . .	20	Kohlens. Kali .	7		115
	299,5		96,3		
dazu:		dazu:		dazu:	
Kupferoxyd .	13	Kupferoxyd .	5	Kupferoxyd .	4
Eisenfeile .	4,5	Eisenhammerschlag . .	5,5	Eisenhammerschlag . .	6

Die Eisenfeile, resp. der Hammerschlag wurden in Papier gewickelt, in das fertig geschmolzene Glas eingetragen und rasch untergetaucht, im übrigen aber ganz nach Hautefeuille verfahren.

Bei mässiger Hitze lässt sich nach Ebell†) der Aventurin ohne Aenderung seiner Natur bearbeiten, ausspinnen, überfangen u. s. w.

*) Muspratt III. 378. Nach Rep. de Chimie appl. 3. 475; 4.16.

**) Benrath hat hier nach Wagners Jahresbericht 7. 296 Kupferschawinen, d. h. Abfall vom unechten Blattgold.

***) Dingl. Journal 213. 219.

†) a. a. O. 220

wie zahlreiche Kunstarbeiten in Glas dokumentieren. Längere Zeit stärkerem Feuer ausgesetzt, selbst vor der Glasbläserlampe verschwinden die Kristallblättchen vollkommen, der Aventurin geht in ein homogenes, melassenfarbiges Glas über und kann durch schnelle Abkühlung leicht als solches erhalten werden. Lässt man dagegen den geschmolzenen Aventurin in allmählich schwächer werdendem Feuer langsam erkalten, so geht er in Hämatinon über.

Weiteres über den Aventurin und den Hämatinon ist beim Gold- und Kupferrubinglase bereits gesagt; ebenso ist der dem Aeussern nach wenigstens verwandte Chromaventurin unter den chromgefärbten grünen Gläsern schon besprochen worden.

Zu Lasurstein oder Lapis Lazuli, nimmt man 320 Teile Strass, 2 Teile Kobaltoxyd und 1 Teil Braunstein, schmilzt diese Ingredienzien zu einem klaren Glase, zerstösst dies nach dem Erkalten zu einem feinen Pulver, reibt es mit 24 Teilen Knochenasche zusammen, schmilzt das Gemenge bei mässiger Hitze und giesst die Masse, sobald sie vollkommen homogen erscheint, auf eine reine, polierte Kupfer- oder Eisenplatte in kleine Kuchen aus. Soll der Lasurstein eine hellere Farbe erhalten, so nimmt man etwas weniger Kobalt- und Manganoxyd, soll er durchsichtiger erscheinen, so verringert man die Menge der Knochenasche. Will man ihn durch Goldadern verzieren, so reibt man Goldpurpur mit dem gleichen Gewichte kalcinierten Borax und mit Dicköl an, malt die Adern mittels eines Pinsels auf den Stein, und bringt ihn in einen mässig heissen Ofen, wo das Gold bald fest an dem Glase haftet.

Türkis erhält man durch Schmelzen eines gepulverten Gemenges von 20 Teilen Aquamarin-Strass und 1 Teil Knochenasche; sollte die Färbung zu hell erscheinen, so fügt man noch eine kleine Menge Kobaltoxyd hinzu.

Die Anfertigung nachgemachter Gemmen und Kameen ist nicht schwierig; man bedient sich dazu der gesiebten Glasflüsse wie auch des Emails und einer aus feingepulvertem Tripel verfertigten Form. Zu diesem Zweck knetet man die erforderliche Menge Tripel nach und nach mit soviel Wasser an, dass er sich ballen lässt ohne Risse zu bekommen; man darf nicht mehr Wasser anwenden, als eben erforderlich ist, und muss auch das Kneten längere Zeit fortsetzen. Als Formen bedient man sich eiserner, etwa $1^1/_4$ cm hoher Ringe, deren man von verschiedener Grösse vorrätig hat, die jedoch, weil sie einer starken Hitze ausgesetzt werden, nicht gelötet, sondern zusammengeschweisst sein müssen. Für gewisse Grössen eignen sich abgeschnittene und gehörig zugerichtete Stücke von alten Gewehrläufen ganz vortrefflich. Der Ring wird auf eine ebene glatte Fläche gestellt, mit dem angemachten Tripel angefüllt, das Ueberflüssige abgestrichen, die Oberfläche gut geebnet und das Modell, welches ein geschnittener Stein, ein Schwefelabguss, eine Glaspaste oder irgend ein Stoff von hinreichender Härte, die keine Feuchtigkeit einsaugt, sein kann, mit den Fingern oder mittels eines zweckmässig geformten Holzes so tief als möglich in den Tripel eingedrückt.

Nach einiger Zeit wird der über den Rand des Modells hervor-

getretene Tripel vorsichtig abgestrichen und das Modell, nachdem man es am Rande mit einer Nadel gelüftet hat, aus der Form genommen.

Die so erhaltenen Formen werden langsam aber vollkommen ausgetrocknet; dann legt man auf jede derselben ein entsprechend grosses Stück farbigen Glases. So vorbereitet setzt man die Formen unter eine kleine Muffel und bringt das Glas in Fluss. Sobald dasselbe geschmolzen ist, zieht man die Form mittels einer Zange nach vorn, drückt das Glas mit einem heissgemachten eisernen Spatel in die Form und zieht diese noch weiter hervor, damit das Glas allmählich erkalte und fest werde. Dann schiebt man wieder unter die Muffel, löscht das Feuer und überlässt den Ofen bei abgeschlossenem Luftzuge sich selbst, wobei das Glas allmählich erkaltet; schliesslich erhalten die Ränder der Abdrücke durch Schleifen die gehörige Form.

Sollen Kameen in zwei oder mehreren Farben nachgeahmt werden, so bildet man zuerst die Reliefs, wie vorstehend angegeben, aus einem härteren, alsdann die Platte aus einem leichter schmelzbaren Glase. Nachdem man die beiden Seiten, welche aufeinander zu liegen kommen, abgeschliffen und poliert hat, vereinigt man sie mittels eines leicht schmelzbaren, mit Gummiwasser angeriebenen Flusses, als welchen man einen solchen aus 2 Teilen Sand, 6 Teilen Mennige, 2 Teilen Salpeter, 3 Teilen Borax und 6 Teilen Wismutoxyd anwenden kann. Die auf diese Art verbundenen Stücke werden wieder in Tripel geformt, die Form, ohne jene herauszunehmen, getrocknet und dann die endgültige Verkittung der Teile durch Erhitzen in der Muffel, wobei das Schmelzen des Flusses erfolgt, herbeigeführt.

Um den Abdruck vor jeder Beschädigung durch die Hitze zu schützen, bedeckt man ihn hierbei mit einem Teige aus Kreide und Wasser, welche man selbstverständlich vor dem Einbringen in die Muffel völlig austrocknet. Um den Moment zu erkennen, wo die Form nach vorn gerückt werden muss, stellt man kleine Schälchen, die etwas von dem Fluss enthalten, mit in den Ofen, von Minute zu Minute nimmt man eins der Schälchen heraus und beobachtet so den Eintritt des Schmelzens.

Der zu den Edelsteinimitationen verwendete Strass ist, wie mehrfach angeführt, sehr weich und es sind daher diese Steine schneller Abnutzung unterworfen. Feil versuchte daher sehr harte Gläser lediglich unter Anwendung der Thonerde, des Kalks und der Magnesia als Basen zu erschmelzen, während andere bemüht waren, die natürlichen Steine selbst nachzubilden.

So erhielt Ebelmen durch anhaltendes Erhitzen im Porzellanofen aus einem mit etwas Chromoxyd versetzten Gemisch von 1 Teil Thonerde und 3 bis 4 Teilen Borax rubinrote Kristalle von der Gestalt gewisser Saphire. Saint Claire-Deville und Caron erreichten dasselbe, indem sie bei hoher Temperatur Fluoraluminium auf Borsäure wirken liessen. Die Genannten verfuhren dabei auf folgende Weise.

Weisser Korund wird sehr leicht und in schönen Kristallen erhalten, wenn man in einen Kohlentiegel Fluoraluminium bringt und darüber eine kleine aus Kohle gearbeitete Kapelle placiert, die mit geschmolzener Borsäure gefüllt ist. Der mit seinem Deckel versehene und gegen die Einwirkung der Luft geschützte Kohlentiegel wird eine

Stunde lang der Weissglühhitze ausgesetzt. Die Dämpfe von Fluoraluminium und Borsäure, welche in dem zwischen beiden Substanzen frei gelassenen Raume zusammentreffen, zersetzen sich gegenseitig, indem sich Korund (d. h. kristallisierte Thonerde) und Fluorbor bilden. Die entstandenen Kristalle sind in der Regel hexagonale Prismen mit den Flächen des Rhomboeders, von der Zusammensetzung, der Härte und allen optischen und kristallographischen Eigenschaften des natürlichen Korunds. Man erhält auf diese Weise Kristalle von 8 bis 10 mm Länge, die sehr breit, in der Regel aber dünn sind.

Roten Korund, Rubin, erhält man auf dieselbe Weise wie den weissen Korund, nur setzt man dem Fluoraluminum eine kleine Menge Fluorchrom zu und benutzt Tiegel von Thonerde, indem man die Borsäure in eine kleine Platinkapelle gibt.

Saphir, der blaue Korund oder eigentliche Saphir, entsteht unter denselben Umständen wie der Rubin und ist ebenfalls durch Chromoxyd gefärbt; der einzige Unterschied besteht in dem Farbstoffgehalte, in welcher Hinsicht die Analyse keinen Aufschluss gibt, da die Menge des Farbstoffs sehr klein ist. Zuweilen entstehen neben dem Rubin Saphire vom schönsten Blau, in der Farbe ganz mit dem orientalischen Saphir übereinstimmend.

Wenn die Menge des Chromoxyds sehr gross ist, so sind die erzeugten Korunde sehr schön grün, wie der Uwarowit, welcher 25 Prozent Chromoxyd enthält. Diesen Korund findet man stets in den Teilen des Apparats, in denen sich das Fluorchrom und Fluoraluminium befinden, wo sich also ersteres infolge seiner geringeren Flüchtigkeit kondensiert.

Zirkon. Zur Darstellung des Zirkon wendet man Fluor-Zirkonaluminium mit Borsäure an, wobei man im übrigen ganz so wie beim Korund verfährt; die so erhaltenen Kristalle sind ähnlich wie bei Salmiak gruppiert.

Cymophan oder Chrysoberyll. Man vereinigt Fluorberyllum mit Fluoraluminium zu gleichen Aequivalenten und zersetzt ihre Dämpfe durch Borsäure. Die Kristalle sind den aus Brasilien kommenden ganz ähnlich, oft bis zu 6 mm lang und von sehr regelmässiger Form.

Neuerdings erhielten Feil und Fremy kristallisierte Thonerde durch die Einwirkung von Silikaten auf feurigflüssige Aluminate. Schmolzen sie beispielsweise ein Gemisch von gleichen Teilen Thonerde und Mennige in einem Thontiegel während einer genügend längeren Zeit bei lebhafter Rotglut zusammen, so findet man nach dem Erkalten im Tiegel eine glasige, aus kieselsaurem Bleioxyd bestehende Masse und eine kristallinische, welche häufig in eingeschlossenen Hohlräumen schöne Thonerdekristalle enthält. Die zur Bildung des Bleisilikats erforderliche Kieselsäure ist dabei aus der Tiegelwand entnommen, so dass diese stark angegriffen, sehr leicht durchbohrt wird und man daher gut thut mit zwei ineinander gestellten Tiegeln zu operieren, um Substanzverlust zu vermeiden. Die auf diese Weise erhaltenen Kristalle sind farblos, also Korund; durch Zusatz von 2 bis 3 Prozent doppeltchromsauren Kalis zu dem Thonerde-Mennige-Gemisch nehmen die Kristalle die rote Farbe des Rubins an, Kobaltoxyd mit einer Spur doppeltchromsauren Kalis lieferte Kristalle von der blauen Farbe des Saphirs.

Ebenso erhielten die Genannten Kristalle von Thonerde gleichzeitig mit solchen von Thonerdesilikat oder eines Doppelsilikats von Thonerde und Baryt, durch Schmelzen eines Gemisches von Kieselsäure mit Fluoraluminium oder von Thonerde mit Fluorbaryum. Diese Versuche wurden mit Quantitäten von 20 bis 30 kg der betreffenden Substanzen angestellt und dauerte die Erhitzung ohne Unterbrechung 20 Tage lang.

Die bisher erhaltenen Kristalle bilden in der Regel zusammengewachsene Massen kleiner Individuen, welche letztere ihres blätterigen Gefüges wegen beim Schleifen keinen Glanz erhalten, daher als Schmuckstein nicht zu verwenden sind; indessen hat man sich derselben mehrfach als Lagersteine für Uhren bedient.

Einundzwanzigstes Kapitel.

Die Glasmosaik.

Die Kunst der Anfertigung von Mosaiken reicht bis in die frühesten Zeiten; die Ruinen der ältesten Denkmäler Asiens zeigen fast mit aller Gewissheit, dass sie hier ihren Ursprung genommen habe und über Griechenland nach Italien verpflanzt worden ist, von wo sie die Römer nach Gallien gebracht haben.

Seit dem Verfall des römischen Kaiserreichs bis zum XIV. Jahrhundert verlor sich der Geschmack an der Mosaik, sowie an allen andern Künsten. Im XIV. Jahrhundert sah Italien die von Griechenland überkommene Industrie, wo sie niemals ausser Uebung gekommen war, wieder aufleben.

Ihre Bedeutung erkennend, zogen die toskanischen Fürsten Mosaikarbeiter an ihren Hof, und diese gründeten zu Florenz eine berühmte Schule, aus welcher nicht nur bedeutende Künstler und Meisterwerke hervorgingen, die sich mit den besten Mosaiken des Altertums vergleichen lassen, sondern auch eine neue Art der Mosaik selbst, welche unter den Namen der florentinischen, lediglich harte Steine, grösstenteils Halbedelsteine und Perlen weniger allerdings zu Gemälden, als zu Tischplatten u. dergl. verarbeitet.

Die römische Mosaik, mit welcher wir es hier allein zu thun haben, besteht in der harmonischen Vereinigung einer Menge kleiner Würfel von gefärbtem, undurchsichtigem Glase, die, auf einer Metallplatte oder auf der Wandfläche einer Mauer mittels eines ausgebreiteten Kitts befestigt, prächtige Gemälde von unvergleichlicher Frische, Lebhaftigkeit und hohem Glanze darstellen.

Für diesen Zweck verwendet man viereckige Stäbchen von undurchsichtigem Glase in verschiedenen Farben, deren jede in einer grossen Anzahl von Tönen, von den dunkelsten bis zu den hellsten, dargestellt wird.

Die Stäbchen selbst werden durch passendes Zerteilen der von den römischen und venezianischen Fabriken, welche auch heute noch die hauptsächlichsten Bezugsquellen für dieselben bieten, in Tafelform gelieferten Schmelzmassen gewonnen. Diese Platten gewinnt man in den Fabriken, indem man die im Hafen fertig geschmolzene Masse mittels eines Schöpflöffels auf eine horizontale polierte Marmorplatte giesst und sie mit einer zweiten ähnlichen Platte bedeckt, unter welcher das Schmelzglas sich abkühlt und die Gestalt eines runden 6 bis 12 mm dicken Kuchens erhält. Ob diese Platten später noch einer besonderen Kühlung unterworfen werden oder ob man in ihnen etwa gar Vorläufer des Siemensschen Presshartglases, das bei der Zertrennung ja vorzugsweise in schmale Streifen zerfällt, zu sehen hat, mag dahingestellt bleiben; Leng, welcher die oben zitierte Herstellungsweise in der ersten Auflage beschrieben, lässt diesen Punkt unberührt.

Um diese Scheiben zu zerteilen, legt man sie auf einen steinernen Ambos, welcher oben einen scharfen Rand hat und führt mit einem eckigen Hammer einen Schlag auf die obere Fläche der Scheibe, welche dadurch in lange Parallelepipede oder Prismen zerteilt wird, deren Grundfläche etwa 2,5 qcm hält. Diese Prismen werden auf dieselbe Weise von den Arbeitern mit vieler Geschicklichkeit abermals zerschlagen, so dass sie Stücke von ca. 2 cm Länge bilden, wie man sie gewöhnlich zur Mosaik verwendet; doch werden zuweilen auch die Kuchen dicker und die Stückchen länger gemacht, während wieder andere sie mit dem Diamanten oder einem Kupferblatt und Schmirgel zunächst in Streifen zerteilen, worauf sie die letzteren in einzelne Stücke zerschneiden.

Zu den Miniaturgegenständen ziehen die Mosaikarbeiter aus diesen Stücken Stäbchen von beliebiger Stärke in der Flamme des Glasbläsertisches.

Um ein Gemälde anzufertigen bedeckt der Mosaikarbeiter den Boden einer Kupfer- oder Messingplatte, mit aufgebogenen Rändern von der Höhe der Glaswürfel, mit einer Schicht eines gewöhnlich aus 1 Teil gelöschtem Kalk und 3 Teilen Kreide oder gepulvertem Marmor mit Leinöl bereiteten Kitts; der Kitt muss täglich solange geknetet und durchgearbeitet werden, bis er sich nicht mehr aufbläht, worüber oft 3 Wochen vergehen.

Für grosse Gemälde, welche auf eine Mauer- oder Wandfläche kommen, wird der Kitt auf die mit Leinöl getränkte, gefurchte, mit Nägeln beschlagene, mit Draht bezogene Fläche aufgetragen; auf diesen Kitt kommt eine Schicht Gips, auf diesen die Zeichnung mit Bleistift. Von dem Gips sticht der Künstler jedesmal mit einem Spatel oder Messer eine so grosse Fläche aus, als er glaubt in einem Tage mit Glasstückchen ausfüllen zu können, wählt aus den nach den Farben geordneten Glasstäbchen die erforderliche Schattierung, zieht jene vor der Lampe zur nötigen Stärke, steckt ein abgebrochenes Stückchen neben das andere in die Kittschicht, und fährt so fort bis das Ganze, der Zeichnung gemäss mit farbigen Stiftchen bedeckt ist.

Diese Arbeit erfordert nach der Grösse des Stücks mehr oder weniger Zeit, jedenfalls aber viel Geduld. Kleine Ringsteine kann der Künstler in einem Tage vollenden; zu einem grössern Medaillon braucht

er oft vier bis sechs Wochen; beiläufig bemerkt sollen an dem Abendmahle nach Leonardo da Vinci, dem grössten Mosaikgemälde, welches man kennt, täglich acht bis zehn Künstler gearbeitet und zu seiner Vollendung acht Jahre gebraucht haben.

Nachdem das Gemälde zusammengesetzt ist, werden die hervorragenden Glasstäbchen erst mit nassem Sande, dann mit Schmirgel geschliffen und zuletzt mit Eisenrot poliert. Die leeren Stellen, die die Glasstäbchen zwischen sich lassen, werden entweder mit gefärbtem Wachs oder einem geeigneten Kitt ausgefüllt. In neuerer Zeit verwendet man hierzu sehr passend einen Kitt, der seiner Hauptmasse nach aus basischem Chlorzink besteht und in folgender Weise dargestellt wird. Einerseits mengt man 3 Teile frisch geglühtes Zinkweiss mit 1 Teil aufs feinste gepulverten Glases; anderseits stellt man durch Auflösen von Zinkweiss (Zinkoxyd) in Salzsäure zum Abdampfen eine Chlorzinklösung von 1,50 spez. Gewicht dar, und setzt auf 50 Teile derselben 1 Teil in wenig Wasser aufgelösten Borax hinzu.

Um nach Massgabe des Bedarfs den Kitt zu bereiten — denn derselbe wird schon nach Verlauf von 2 Minuten hart — giesst man, je nach dem Bedarf für die auszufüllenden Zwischenräume, von der Chlorzinklösung auf das zuvor mit Ocker, Zinnober, Chromgrün, Ultramarin u. s. f. gefärbte Pulver, und bildet damit einen Teig, den man, nachdem das Gemälde abgeschliffen worden ist, mit einem Spatel aufträgt und eindrückt. Dieser Kitt nimmt auch eine schöne Politur an.

Der Chor mancher Kapellen, in denen die Glasgemälde eine grosse Rolle spielen, ist oft mit Mosaiken geschmückt, deren Goldgrund in dem lebhaftesten Glanze strahlt. Dieser Goldgrund wird auf folgende Weise erhalten. Man legt Blattgold, welches jedoch vollkommen frei von Kupfer sein muss, zwischen zusammengelegtes quadrilliertes Papier, dessen Quadrate oder Rauten von gleicher Grösse sind, wie die Mosaiksteinchen, und teilt es durch Zerschneiden des Papiers nach den vorgezeichneten Linien in entsprechend grosse viereckige Stücke. Die so erhaltenen Goldblättchen legt man auf die aus Spiegelglas geschnittenen Glaswürfel, überzieht das Ganze mit feingemahlenem und in Wasser abgeriebenem durchsichtigem, bald farblosem, bald farbigem Schmelz und brennt diesen letzteren in der Muffel auf seine Unterlage ein. Werden die Gläser gut gewählt, so schmilzt das aufgelegte Schmelzglas und die Vergoldung haftet, bevor noch das viel dickere Glas der Würfel erweicht ist. Man muss die Temperatur genau regulieren, und indem man verhütet, dass das Spiegelglas seine Durchsichtigkeit verliert, erreicht man einen hohen Grad von Vollendung.

Zurückzuführen ist die seit dem IV. Jahrhundert etwa auftretende Goldmosaik auf eine an alten, namentlich altchristlichen Hohlgläsern *(fondi d'oro)* häufig vorkommende Dekorationsmethode, nach welcher die Böden dieser Gläser mit, vielfach figürlichen, Goldblattverzierungen belegt und diese letzteren sodann durch Ueberschmelzen oder Ueberblasen mit Glas befestigt, gleichsam der Masse dieser Goldgrundgläser inkorporiert wurden.

Zweiundzwanzigstes Kapitel.

Wasserglas.

Mit diesem Namen bezeichnet man jetzt allgemein diejenigen Verbindungen der Kieselsäure mit Kali oder Natron, welche die Eigenschaft besitzen sich in Wasser aufzulösen. Sie wurden im Jahre 1818 von Professor Nepomuk von Fuchs in München entdeckt; allein erst im Jahre 1825 gelang es demselben eine sichere Darstellungsmethode für sie aufzufinden. Fuchs wendete zuerst nur Kali zur Darstellung des Wasserglases an, gegenwärtig wird dasselbe grösstenteils mittels Natron dargestellt, und man unterscheidet hiernach Kali- und Natronwasserglas. Ausser diesen beiden kommen im Handel noch Doppelwasserglas und Fixierungswasserglas vor, ersteres ein Doppelsilikat von Kali und Natron, letzteres eine konzentrierte Kaliwasserglaslösung in einem gewissen Verhältnis mit Natronwasserglaslösung gemischt.

Der Methoden zur Gewinnung des Wasserglases gibt es mehrere; es unterscheiden sich dieselben teils bezüglich der Konstitution der zur Verwendung kommenden Kieselsäure, insofern dieselbe bald in kristallinischem Zustande als Quarz, Sand oder in amorphem als Feuerstein oder Infusorienerde in die Fabrikation eingeführt wird, teils ist auch die Gewinnungsart des Produkts selbst eine verschiedene, je nachdem das letztere auf trocknem oder auf nassem Wege erzeugt wird.

Was die Zusammensetzung des Wasserglases betrifft, so kann man sie allgemein durch $KO, 2SiO_2$ und $NaO, 2SiO_2$ ausdrücken; doch scheint es als löse das Alkali beim Schmelzen eine grössere Menge Kieselsäure zu einer auflöslichen Verbindung auf, als wenn die Kieselsäure mit einer kaustischen Lauge gekocht wird.

Ebenso wie die verdünnte Lösung des durch Schmelzen erhaltenen Produkts über die Stufe $KO, 2SiO_2$ hinaus höher siliciert sein kann, löst auch die verdünnte Lösung des $KO, 2SiO_2$ beim Kochen mit amorpher Kieselsäure noch gewisse Mengen der letzteren auf, beide

liefern aber beim Eindampfen zur Trockne und Wiederauflösen die Lösungen des Doppelsilikats.

Durch Abdampfen der klaren Lösung erhält man trockenes Kaliwasserglas. Dieses ist amorph, spröde, von muscheligem Bruch, glasähnlich und in reinem Zustande farblos oder weiss. Lufttrocken enthält dasselbe gegen 12 Prozent Wasser, welches ihm durch Erhitzen, wobei es sich erst aufbläht und dann schmilzt, entzogen werden kann. Durch Säuren, selbst durch Kohlensäure wird das Wasserglas zersetzt; verdünntere Säuren wirken hierbei energischer als konzentriertere und die Kieselsäure scheidet sich pulverförmig aus. Wird es längere Zeit der Luft ausgesetzt, so wird es durch deren Kohlensäuregehalt zersetzt, es bekommt weisse Streifen, braust mit Säuren stark auf und hinterlässt bei seinem Auflösen in Wasser einen starken Rückstand.

Die Wasserglaslösung verhält sich im allgemeinen auf dieselbe Weise; mit einem geringen Volum Alkohol gemischt, wird die Lösung gefällt, und nach Fuchs das Wasserglas rein abgeschieden, nach Forchhammer entzieht jedoch der Weingeist schon beim Fällen eine gewisse Menge Alkali, und es bleibt nach längerem Waschen mit Alkohol ein sehr saures Silikat zurück. Die Alkalisalze, besonders aber die kohlensauren Alkalien und Alkalichlorüre, fällen die Wasserglaslösung, und sie erstarrt bei nicht zu grosser Verdünnung vollständig zu einer Gallerte. Salmiak wirkt schon auf sehr verdünnte Lösungen, es bildet sich freies Ammoniak und Kieselsäure wird flockig abgeschieden. Die alkalischen Erden, sowie Thonerde, Bleioxyd, Zinkoxyd, zersetzen das Wasserglas und bilden mit der Kieselsäure und einer gewissen Menge Alkali unlösliche Niederschläge. Die Wasserglaslösung wird ferner gefällt durch die meisten Salze der Erden und Metalloxyde. Viele in Wasser unauflösliche oder schwerlösliche Salze setzen sich mit den Bestandteilen des Wasserglases um, so schwefelsaures, kohlensaures, phosphorsaures Bleioxyd, phosphorsaure Thonerde, schwefelsaurer Kalk u. s. w. Manche unauflösliche Salze, wie phosphorsaurer und kohlensaurer Kalk, verbinden sich mit dem Wasserglase direkt; es tritt keine Zersetzung ein und man kann diese Vereinigung als eine Adhäsionsanziehung zwischen kohlensaurem oder phosphorsaurem Kalk und kieselsaurem Alkali betrachten. Auf diesen Eigenschaften beruhen die meisten Anwendungen, die man vom Wasserglase macht.

I. Kaliwasserglas.

a) Durch Schmelzen. Nach der von Fuchs zu seiner Darstellung gegebenen Vorschrift werden 15 Teile Quarzpulver oder reiner Quarzsand, 10 Teile gut gereinigte Pottasche und 1 Teil Holzkohlenpulver miteinander gemengt und in Glashäfen in einem Glasofen geschmolzen. Nach 5 bis 6 Stunden fliesst die Masse ohne Schäumen, wo sie dann auf eine reine Stein- oder Eisenplatte oder in Wasser ausgeschöpft wird. Dass man bei grossem Betriebe zur Vermeidung des umständlichen Ausschöpfens die Schmelze zweckmässiger in Abstichwannen vornehme, aus denen die lauter geschmolzene Masse dann in Wasserbassins abgestochen wird, bedarf kaum der Erwähnung.

Zu technischen Zwecken bedarf man nur die Lösung und diese ist daher auch die Hauptform, in welcher das Wasserglas im Handel vorkommt. Zur Herstellung einer solchen Lösung wird die erkaltete Masse gepulvert, in etwa 5 Teile siedenden Wasser allmählich eingetragen und in einem eisernen Kessel, unter Ersatz des verdampfenden Wassers 3 bis 4 Stunden in beständigem Sieden erhalten, worauf man das Feuer abgehen lässt und den Kessel zudeckt. Nachdem in der Ruhe die Flüssigkeit sich geklärt hat, wird das Klare mit einem eisernen oder kupfernen Heber abgezogen, in einen andern reinen eisernen Kessel gefüllt und in diesem soweit eingekocht, bis auf der Oberfläche eine zähe fadenziehende Haut erscheint. Die Flüssigkeit ist nun hinreichend konzentriert, zwar noch ziemlich dünnflüssig, jedoch für die meisten Zwecke anwendbar; ihr spez. Gewicht beträgt 1,24 bis 1,25.

Wenn das kohlensaure Kali nicht gänzlich frei ist von schwefelsauren Salzen, so enthält auch das Wasserglas etwas Schwefelkalium. Um die Flüssigkeit hiervon zu befreien, setzt man ihr eine kleine Menge Kupferhammerschlag hinzu, kocht und lässt wieder absetzen; es entsteht hierbei eine kleine Menge freies Kali, die jedoch dem Wasserglase nicht nachteilig ist; zu demselben Zwecke könnte man auch kieselsaures Kupfer anwenden, wo dann kein freies Alkali entstehen würde.

Nach einer andern von Schür*) angegebenen Vorschrift werden

90 kg weisser Sand,
62,5 „ ordinäre Pottasche von 90 Prozent,
1,5 „ gepulverte Holzkohle

zusammengeschmolzen. Man erhält 112,5 bis 115 kg trockenes Wasserglas.

In jeder Beziehung ist es vorteilhafter, wenn man das kohlensaure Kali unter Zusatz von Holzkohlenpulver durch das weit billigere schwefelsaure Kali ersetzt. In der eben mitgeteilten Vorschrift nach Fuchs würde man statt 5 kg gereinigte Pottasche 6,3 kg schwefelsaures Kali und 1,75 kg Kohle anwenden, alles untereinander mengen und schmelzen müssen. Es entsteht hierbei eine zähe teigartige Masse, die solange unter Umrühren mit einem eisernen Stabe der Schmelzhitze ausgesetzt bleibt, bis keine schwefelige Säure mehr entweicht. Die letzten Anteile von Schwefelkalium kann man auch auf die bereits oben angegebene Weise zerstören. — Aus der angegebenen Menge Materialien würde man 10 bis 12,5 kg trockenes oder 35 bis 40 kg flüssiges Wasserglas erhalten.

b) Durch Auflösen von amorpher Kieselsäure unter erhöhtem Druck (6 bis 8 Atmosphären). Dieser Weg ist namentlich von Kuhlmann eingeschlagen worden. Der Feuerstein wird geglüht, in kaltem Wasser abgeschreckt und fein gepulvert. Das Verhältnis des anzuwenden Feuersteinpulvers zur Kalilauge ist so zu berechnen, dass sich $KO, 2SiO_2$ bilden kann, d. h. man würde auf 47 Teile reines Aetzkali 60 Teile Kieselsäure anwenden müssen; die Feuersteine aber enthalten nur 98 Prozent Kieselsäure, wovon in der Regel einige Prozente in der kristallisierten, also unlöslichen Modifikation vorhanden sind.

*) Dessen Praxis der Hohlglasfabrikation, S. 57.

Man wird daher auf 47 Teile Aetzkali etwa 65 Teile Feuersteinpulver nehmen müssen.

Lauge und Feuerstein kommen in einen hinreichend grossen, mit einer Rührvorrichtung, einem Manometer und einem auf den beabsichtigten Druck normierten Sicherheitsventil versehenen Kessel, der alsdann luftdicht verschlossen wird. Das Kochen dauert unter öfterem Umrühren 10 bis 12 Stunden. Man lässt alsdann das Feuer abgehen und den Inhalt des Kessels sich klären. Nachdem dies stattgefunden, zieht man die klare Flüssigkeit ab, und kocht sie in einem andern eisernen Kessel bis zum spez. Gewicht von 1,24 bis 1,25 ein. Man darf keine zu dünne Aetzlauge anwenden, weil diese nur äusserst langsam auf den Flintstein einwirkt.

c) Durch Auflösen von Infusorienerde unter gewöhnlichem Druck. Mit dem Namen Infusorienerde (vergl. p. 82) bezeichnet man die an vielen Orten in zum Teil sehr mächtigen Ablagerungen vorkommenden und aus zarten Panzern oder Schildern bestehenden Ueberresten von Infusorientierchen. Ein derartiges Lager findet sich unter anderm bei Ebsdorf, am südlichen Rande der Lüneburger Heide, eine Ablagerung von 9 m Mächtigkeit bildend. Nach den Untersuchungen von Wicke besteht diese Infusorienerde in 100 Teilen aus:

Kieselsäure	87,850
Kohlensaurem Kalk . . .	0,750
Eisenoxyd	0,731
Thonerde	0,132
Wasser	8,431
Organische Stoffe (stickstoffh.)	2,279

Andere Fundorte eines ähnlichen Produktes sind: Justraba in Ungarn gegen 5 m mächtig, Bilin, Franzensbad und Isle de France (Kieselgur), Santa Fiora im Toskanischen und Degernä in Schweden (Bergmehl); Berlin, eine Schicht von 2 bis zu 30 m Mächtigkeit bildend; Richmond in Virginien 4 bis 8 m mächtig.

Liebig hat zuerst die Infusorienerde zur Darstellung von Wasserglas benutzt und empfohlen, und sie bildet auch in der That ein vortreffliches Material für diesen Zweck. Vor ihrer Anwendung muss sie zur Zerstörung der darin enthaltenen organischen Substanzen, die dem Wasserglase eine dunkelbraune Farbe erteilen würden, geglüht werden. Dies ist freilich, wenn es sich um die Behandlung grosser Massen handelt, keine ganz leichte Operation, weil die Erde zu voluminös ist, so dass eine ganze Reihe von Tiegeln oder Häfen dazu gehört, um nur einige Kilogramm Erde glühen zu können, und in einem Flammofen kann man sie wieder nicht glühen, weil hierbei der grösste Teil des Materials fortgeführt werden würde. Grosse eiserne Cylinder dürften hierzu am zweckmässigsten sein.

Die Erde muss solange geglüht werden, bis sie durch und durch ein rötliches Ansehen angenommen hat; solange sie noch grau erscheint, liefert sie auch ein braunes Wasserglas, welches nur für ordinäre Zwecke Anwendung finden kann. Die geglühte Erde wird gesiebt, das Zurückbleibende zerrieben und abermals gesiebt. Nach der Formel $KO,2SiO_2$ kommen auf 50 kg ätzend gemachtes kohlensaures Kali (= 34 kg KO)

65 kg Kieselsäure, und, da die Infusorienerde nur 87,85 Teile davon enthält $\frac{65}{87,85} = 74$ kg Infusorienerde.

Die so vorbereitete Infusorienerde trägt man nach und nach in die siedende Kalilauge ein. Sie löst sich sehr leicht und es bleibt nur eine sehr geringe Menge von Sand und ein Absatz von Thon, Kalk und Eisenoxyd ungelöst. Sind etwa Dreiviertel der Erde in die Lauge eingetragen, so verdickt sich durch Ausscheidung eines flockigen voluminösen Niederschlags die Masse; man verdünnt alsdann mit Wasser und trägt den Rest der Erde ein. Löst sich bei fortgesetztem Kochen nichts mehr auf, so trennt man vom Absatz und wäscht den Rückstand aus. Die so erhaltene rohe Wasserglaslösung hat eine rotbraune Farbe und kann zu vielen technischen Zwecken verwendet werden. Will man sie reinigen, so setzt man kalt Kalkwasser hinzu und erhitzt langsam zum Sieden. Hierbei scheidet sich ein flockiger hellbrauner, aus Kieselsäure, Kalk, Bittererde, Thonerde, Eisenoxyd, Kali und Phosphorsäure bestehender Niederschlag aus, der beim Sieden der konzentrierten Flüssigkeit sich zu Kugeln zusammenballt, und leicht durch Abgiessen oder Abseihen von der Lösung getrennt werden kann. Auch hier ist es nötig, dass man die Flüssigkeit sich vollkommen klären lässt, ehe man sie durch Einkochen auf das richtige spezifische Gewicht bringt.

Wie bequem aber die Infusorienerde zur Darstellung von Wasserglas auch ist, so wird sie doch nur da ohne pekuniären Nachteil Anwendung zur Kaliwasserglasfabrikation finden können, wo man sie gewissermassen umsonst hat. Denn sie setzt stets eine aus kohlensaurem Kali dargestellte kaustische Lauge voraus, und kohlensaures Kali ist ein teurer Artikel, der sich nicht durch das billigere schwefelsaure Kali ersetzen lässt, wie es geschehen kann, wenn man die Materialien durch Schmelzen miteinander vereinigt.

2. Natronwasserglas.

Von der Darstellung des Natronwasserglases gilt alles, was wir oben über die des Kaliwasserglases gesagt haben, mit welchem es auch in den meisten Eigenschaften beinahe vollkommen übereinstimmt; nur gegen Weingeist zeigt das Natronwasserglas von dem des Kaliwasserglases ein etwas abweichendes Verhalten; es wird nämlich von Alkohol schwieriger und, wenn es freies Alkali enthält, gar nicht gefällt.

Da die Eigenschaften der beiden Alkalisilikate so nahe übereinstimmen, und das Natronwasserglas sich viel billiger herstellen lässt, als das Kaliwasserglas, so ist es auch diejenige Verbindung, die zu technischen Zwecken fast ausschliesslich Anwendung findet. Seine Darstellung fällt mit der des Kaliwasserglases zusammen, nur dass wegen der verschiedenen Aequvialentgewichte die Gewichtsverhältnisse sich ändern.

Zur Darstellung von Natronwasserglas durch Schmelzen gibt Fuchs die folgende Vorschrift: 45 Teile Quarzpulver, 23 Teile reines wasserfreies kohlensaures Natron und 6 Teile Holzkohlenpulver; dies sind

genau auch die von Schür angewendeten Verhältnisse, mit dem Unterschiede, dass Schür nur den vierten Teil von Holzkohle nimmt als Fuchs vorschreibt.

Um aber die Verbindung $NaO, 2SiO_2$ zu erhalten, würde man auf 1 Aequivalent = 53 Teile kohlensauren Natrons 2 Aequivalente = 60 Teile Kieselsäure nehmen müssen.

Das kohlensaure Natron lässt sich durch entwässertes Glaubersalz ersetzen, dessen Umwandlung in Schwefelnatrium resp. kieselsaures Natron leichter vor sich geht, als die des schwefelsauren Kali in die entsprechende Verbindung.

Die Darstellung des Natronwasserglases auf nassem Wege fällt ganz mit der des Kalisilikats zusammen. Auf 65 Teile gepulverten Flint kommen 40 Teile Natronhydrat oder 53 Teile kohlensaures Natron, welches durch Kalk ätzend gemacht wird. Für Gegenden, wo sich Flint in hinreichender Menge findet, ist diese von Kuhlmann in Lille angegebene und von ihm zur massenhaften Produktion von Wasserglas benutzten Methode sehr zu empfehlen.

Wo es die Verhältnisse erlauben mit Infusorienerde zu arbeiten, nimmt Liebig auf 120 Teile von dieser 74 Teile einer 85 bis 90grädigen Soda, die mit der entsprechenden Menge Kalk (etwa 60 Teile) vollkommen ätzend gemacht wird. Die weitere Behandlung ist wie beim Kaliwasserglase aus Infusorienerde.

3. Doppelwasserglas.

Dies ist eine Verbindung oder ein Gemenge von 1 Aeq. Natronmit 1 Aeq. Kaliwasserglas, welches am einfachsten durch Vermischen von 2 Volumen Natronwasserglas mit 3 Volumen Kaliwasserglas, beide von gleicher Konzentration, erhalten wird.

Selbstverständlich erhält man dasselbe auch indem man gleiche Aequivalente kohlensauren Kalis und Natrons miteinander mischt und mit der entsprechenden Menge Kieselsäure nach der einen oder andern Methode weiter verarbeitet. Hiernach würde auf 53 Teile trocknes kohlensaures Natron 69 Teile trocknes kohlensaures Kali und 120 Teile Kieselsäure (130 Teile Feuerstein oder 150 Teile 80prozentige Infusorienerde) erforderlich sein.

4. Fixierungswasserglas.

Das Fixierungswasserglas ist eine mit Kieselsäure vollkommen gesättigte Kaliwasserglaslösung, welcher auf 4 bis 5 Volumen etwa 1 Volum konzentrierter Natronkieselfeuchtigkeit zugesetzt ist. Die rasche Zersetzung des gewöhnlichen Wasserglases wird durch das vorherrschende Alkali der Natronkieselfeuchtigkeit verhindert, und die anfangs trübe und opalisierende Kaliwasserglaslösung dadurch wieder klar und viel dünnflüssiger, so dass alsdann die Lösung für viele Zwecke einen erhöhten Wert erhält.

In den Handel kommt das Wasserglas gewöhnlich als eine gelbliche, etwas opalisierende, sirupartige Flüssigkeit von 1,35 bis 1,37 spez. Gewicht mit einem Gehalt von 52 bis 53 Prozent wasserfreiem Wasserglase.

Anwendung findet dasselbe in der Stereochromie zur Bindung der Farben, in der Baukunst zu gleichem Zwecke, zur Trockenlegung feuchter Mauern, zur Herstellung dichten Putzes und hydraulischer Mörtel, zur Fabrikation künstlicher Steinmassen, zum Schutze des Holzes und der Gewebe gegen Feuer, in der Druckerei als Fixierungsmittel für gewisse Farben an Stelle des teuren Albumins, als Ersatzmittel oder Füllungsmaterial für Seife u. s. w.*)

---

*) Vergl. Fr. Kuhlmann-Hertel, die Anwendung des Wasserglases. Weimar, B. F. Voigt.

Sachregister.

A.

B.

C.

D.

E.

F.

G.

H.

J.

K.

L.

M.

N.

O.

P.

Q.

R.

S.

T.

U.

V.

W.

*

Y.

Z.

Berichtigungen.

Seite 5 Zeile 18 v. o. l. Wilden st. wilden.
„ 57 „ 14 v. o. l. Haufwerk st. Hanfwerk.
„ 95 „ 12 v. o. l. (Glaubersalz, Sulfat) st. (Glaubersalz-Sulfat).
„ 236 „ 8 v. u. l. *dd* st. *ee*.
„ 264 „ 9 v. u. l. den Rosten st. die Roste.
„ 268 „ 3 und 20 v. o. l. Fig. 127, Taf. XIV st. Taf. XV.
„ 280 „ 6 v. o. l. Einrichtungen st. Einrichtung.
„ 280 „ 16 v. o. l. denen st. dem.
„ 287 „ 21 v. u. l. Boden- oder st. Boden oder.
„ 316 „ 4 v. u. l. $3\left(\frac{x^2}{y} + y\right)$ st. $3 \frac{x}{y} (x + y)$.
„ 326 „ 1 v. u. l. Encyclopédie ... „Glaces" st. Encyclopädie ... „Glases".
„ 347 „ 5 v. u. l. Boden st. Roden.
„ 347 „ 9 v. u. l. Einstich st. Einstrich.
„ 351 „ 9 v. o. l. Robinet st. Robinef.
„ 371 „ 11 und 12 v. u. l. mm st. cm.
„ 380 „ 24 v. o. l. Fig. 246 st. 259.
„ 398 „ 9 v. o. l. grösserem st. vierfachem.
„ 409 „ 10 v. o. l. Auflehnöfen st. Auflehröfen.
„ 414 „ 14 v. u. l. der Knagge st. die Knagge.
„ 418 „ 12 v. u. l. vorausgingen st. vorausging.
„ 475 „ 16 v. u. l. Fig. 362 st. 361.
„ 531 „ 10 v. u. l. Neri st. Nari.
„ 533 „ 17 v. u. l. Farbe st. Garbe.

Druck von B. F. Voigt in Weimar.



